

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG DALAM PENENTUAN
TIPE BANGUNAN PELINDUNG PANTAI TAMASAJU KECAMATAN
GALESONG UTARA KABUPATEN TAKALAR**



IRFAN MAULANA

105 81 11047 17

FADHILLAH

105 81 11199 17

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

**ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG DALAM PENENTUAN
TIPE BANGUNAN PELINDUNG PANTAI TAMASAJU KECAMATAN
GALESONG UTARA KABUPATEN TAKALAR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Makassar**

Disusun Dan Diajukan Oleh :

IRFAN MAULANA

105 81 11047 17

FADHILLAH

105 81 11199 17

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

01/11/2021

09 esp
Smb. Alim

P/0063/SIP/21 ca
MAU
a'



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Irfan Maulana** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11047 17 dan **Fadhillah** dengan nomor induk mahasiswa 105 81 11199 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0013/SK-Y/22201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 02 Oktober 2021.

Makassar, 25 Shafar 1443 H
02 Oktober 2021 M

Panitia Ujian:

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji:

a. Ketua : Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM

b. Sekretaris : M. Agusalm, ST., MT

3. Anggota: 1. Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, MT

2. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT

3. Muh. Syafaat S Kuba, ST., MT

Mengetahui:

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. H. Riswal Karamma, ST., MT


Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

Dekan Fakultas Teknik




Dr. Ir. H. Nurnawaty, ST., MT., IPM

NBM : 759 108



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

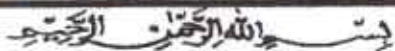
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat ujian skripsi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG DALAM
PENENTUAN TIPE BANGUNAN PELINDUNG PADA
DAERAH PANTAI TAMASAJU KECAMATAN
GALESONG UTARA KABUPATEN TAKALAR**

Nama : 1. IRFAN MAULANA

2. FADHILLAH

Stb : 1. 105 81 11047 17

2. 105 81 11199 17

Makassar, 09 September 2021

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Telah Diperiksa dan disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. H. Riswal Karamma, ST., MT.

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

NBM. 1183 084

Abstrak

Gelombang laut merupakan faktor yang mengakibatkan abrasi, sehingga makin mundurnya garis pantai, jika di biarkan terus menerus maka akan menimbulkan kerugian yang sangat besar. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik gelombang laut yaitu tinggi gelombang, periode gelombang dan gelombang pecah dan mengetahui jenis tipe bangunan pelindung yang sesuai dengan karakteristik gelombang didaerah pantai tamasaju. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif analitik yaitu metode yang mendeksripsikan atau memberikan gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data atau sampel yang terkumpul sebagaimana adanya. Dari hasil penelitian, gelombang di pantai tamasaju memiliki tinggi gelombang maksimum yang terjadi pada bulan januari tahun 2019 dari arah barat ketinggian gelombang (H) : 2,88 m, periode gelombang (T) : 8,94 detik, dengan kecepatan angin : 7,7 m/s untuk peramalan 5 tahun. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar 0,9368 dan koefisien shoaling yang terjadi 0,9822. Tinggi gelombang pecah 2,37 m dan kedalaman gelombang pecah 2,95 m. Dari penelitian dapat disimpulkan tipe bangunan pelindung yang digunakan yaitu Sea Wall (tembok laut).

Kata Kunci: Karakteristik gelombang, Tipe bangunan pelindung

Abstract

Ocean waves are a factor that causes abrasion, so that the more the coastline retreats, if it is allowed to continue it will cause huge losses. The purpose of this study is to determine the characteristics of sea waves, namely wave height, wave period and breaking waves and to determine the types of protective buildings that are in accordance with the characteristics of waves in the Tamasaju coastal area. The research method used is descriptive analytical method, which is a method that describes or provides an overview of the object under study through the data or samples collected as they are. From the results of the study, the waves on the Tamasaju beach had a maximum wave height that occurred in January 2019 from the west, wave height (H): 2.88 m, wave period (T): 8.94 seconds, with wind speed: 7, 7 m/s for a 5 year forecast. The refraction coefficient that occurs is around 0.9368 and the shoaling coefficient is 0.9822. The breaking wave height is 2.37 m and the breaking wave depth is 2.95 m. From the research, it can be concluded that the type of protective building used is the Sea Wall.

Keywords: Wave characteristics, Protective building type

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun proposal tugas akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Proposal tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah **"Analisis Karakteristik Gelombang Dalam Penentuan Tipe Bangunan Pelindung Pada Pantai Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar"**. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didalam penulisan proposal tugas akhir ini masih terdapat kekurangan kekurangan, hal ini disebabkan karena penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan – perhitungan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan sangat ikhlas dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Proposal tugas akhir ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi – tingginya kepada:

1. Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.ag. sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T., IPM. sebagai Ketua Prodi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Dr. Ir. H. Riswal Karamma, ST., MT., selaku Pembimbing I dan Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM. selaku Pembimbing II, yang banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
5. Bapak dan Ibu dosen serta para staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayah dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, do'a serta pengorbanannya terutama dalam bentuk materi untuk menyelesaikan kuliah kami dan rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhusus angkatan AKURASI 2017.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan proposal tugas akhir yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan – rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

“Billahi Fii Sabill Haq Fastabiqul Khaerat”.

Makassar, 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR PERSAMAAN	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Penelitian.....	4
F. Sistematika Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pantai.....	7
B. Gelombang.....	9
C. Deformasi Gelombang.....	12
D. Pasang Surut.....	20
E. Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang (Analisis Ferekuensi).....	23
F. Pembangkit Gelombang.....	27
G. Kedalaman Laut (Batimetri).....	33
H. Bangunan Pantai.....	34
I. Penelitian Terdahulu.....	42
J. Kerangka Pikir.....	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	45

B. Jenis dan Sumber Data	45
C. Alat Yang Digunakan	46
D. Analisis Data	46
E. Bagan Alur Penelitian	51

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

A. Data Angin	52
B. Fetch	54
C. Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang	58
D. Perkiraan Gelombnag Dengan Periode Ulang	68
E. Pasang Surut	73
F. Batimetri dan Topografi	103
G. Gelombang Pecah	107
H. Tipe Bangunan Pelindung Pantai	111

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	114
B. Saran	114

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR PERSAMAAN

Nomor	Halaman
Persamaan 1. Panjang gelombang	10
Persamaan 2. Tinggi gelombang ekivalen	13
Persamaan 3. Cepat rambat gelombang	15
Persamaan 4. Di laut dalam	15
Persamaan 5. Di laut dangkal	15
Persamaan 6. Energi total gelombang	15
Persamaan 7. Energi tenaga gelombang	15
Persamaan 8. Koefisien refraksi	16
Persamaan 9. Difraksi gelombang	17
Persamaan 10. Koefisien refleksi	18
Persamaan 11. Tinggi gelombang pecah	18
Persamaan 12. Kedalaman gelombang pecah	18
Persamaan 13. Kemiringan pantai	18
Persamaan 14. Persamaan formhazl	22
Persamaan 15. Distribusi Fisher- Tippett Type I	23
Persamaan 16. Distribusi Weibull	23
Persamaan 17. Distribusi Fisher- Tippett Type I	24
Persamaan 18. Distribusi Weibull	24
Persamaan 19. Regresi linear	24
Persamaan 20. Distribusi Fisher- Tippett Type I	25
Persamaan 21. Distribusi Weibull	25
Persamaan 22. Tinggi gelombang signifikan	25

Persamaan 23. Distribusi Fisher- Tippett Type I	25
Persamaan 24. Distribusi Weibull	25
Persamaan 25. standar deviasi	26
Persamaan 26. Koefisien empiris	26
Persamaan 27. kesalahan standar deviasi	27
Persamaan 28. tegangan konstan	28
Persamaan 29. Koreksi data angin	30
Persamaan 30. Konversi kecepatan angin	31
Persamaan 31. <i>Fetch</i> rerata efektif	32
Persamaan 32. Reduksi (koreksi) terhadap pasang surut	33
Persamaan 33. kedalaman sebenarnya terhadap pasang surut	34



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1 Definisi daerah pantai.....	7
Gambar 2 Definsi dan karakteristik gelombang di daerah pantai	9
Gambar 3 Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal	12
Gambar 4 Sketsa definisi gelombang.....	12
Gambar 5 Refraksi gelombang.....	14
Gambar 6 Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar.....	16
Gambar 7 Difraksi gelombang di belakang rintangan.....	17
Gambar 8 Kurva pasang surut.....	20
Gambar 9 Distribusi vertikal kecepatan angin.....	28
Gambar 10 Mawar angin.....	30
Gambar 11 Hubungan antara kecepatan angin laut dan darat.....	31
Gambar 12 <i>fetch</i>	32
Gambar 13 Klasifikasi bangunan pelindung.....	36
Gambar 14 Contoh bangunan revetment pada pantai.....	37
Gambar 15 Contoh tembok laut (<i>curved seawall</i>) pada pantai.....	38
Gambar 16 Contoh tanggul laut (<i>sea dike</i>) pada pantai.....	39
Gambar 17 Contoh Bukheads pada pantai.....	39
Gambar 18 Contoh Groin pada pantai.....	40
Gambar 19 Contoh Jetty pada pantai.....	41
Gambar 20 Contoh breakwater pada pantai.....	42

Gambar 21 Kerangka pikir.....	44
Gambar 22 Lokasi penelitian	45
Gambar 23 Bagan alur penelitian.....	51
Gambar 24 Mawar angin dari tahun 2016 sampai 2020	53
Gambar 25 Angin yang berpotensi menimbulkan gelombang	54
Gambar 26 Panjang fecth	55
Gambar 27 Grafik hubungan antara kecepatan angin laut dan darat	58
Gambar 28 Grafik hubungan antara tinggi dan periode gelombang	66
Gambar 29 Mawar gelombang di Perairan Tamasaju	67
Gambar 30 Tunggang pasang surut di lokasi penelitian	101
Gambar 31 Grafik elevasi muka air di lokasi penelitian	102
Gambar 32 Peta batimetri.....	103
Gambar 33 Garis penampang melintang.....	104
Gambar 34 Profil melintang.....	104
Gambar 35 Penentuan sudut datangnya gelombang	109

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1 Klasifikasi gelombang.....	11
Tabel 2 Koefisien refleksi	18
Tabel 3 Koefisien untuk menghitung deviasi standar	26
Tabel 4 Persentasi kejadian angin.....	52
Tabel 5 Persentasi kejadian angin rata-rata	53
Tabel 6 Perhitungan fetch efektif arah utara	56
Tabel 7 Perhitungan fetch efektif arah barat daya	56
Tabel 8 Perhitungan fetch efektif arah barat	57
Tabel 9 Perhitungan fetch efektif arah barat laut	57
Tabel 10 Data fetch di lokasi studi	58
Tabel 11 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2016	61
Tabel 12 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2017	62
Tabel 13 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2018	63
Tabel 14 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2019	64
Tabel 15 Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2020	65
Tabel 16 Persentasi kejadian tinggi dan periode gelombang	66
Tabel 17 Hitungan Gelombang dengan Periode Ulang	69
Tabel 18 Tinggi gelombang dengan periode ulang	73
Tabel 19 Data pasang surut 15 hari interval 1 jam	75

Tabel 20 Konstanta Pengali dalam menyusun skema 2	76
Tabel 21 Penentuan X_1 pada tanggal 28 juni 2021	77
Tabel 22 Penentuan Y_1 pada tanggal 28 juni 2021	78
Tabel 23 Penyusunan Hasil Perhitungan dari Skema 2	79
Tabel 24 Penyusun hasil perhitungan dari skema 3	80
Tabel 25 Konstanta pengali untuk menghitung harga X_{00} , X_{10} dan Y_{10}	81
Tabel 26 Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y	82
Tabel 27 Harga pengali untuk 15 pntan	84
Tabel 28 Penyusunan hasil perhitungan besaran X dan Y	85
Tabel 29 Pembantu nilai s, h, p, N, p'	87
Tabel 30 Hasil perhitungan w dan (1+w).....	91
Tabel 31 Daftar untuk menghitung w dan (1+w).....	92
Tabel 32 Hasil perhitungan w dan (1+w) untuk N_1	94
Tabel 33 Skema VII.....	95
Tabel 34 Tabel hasil analisis konstanta harmonic pasang surut	95
Tabel 35 Hasil analisis kemiringan.....	105
Tabel 36 Kategori kemiringan lereng.....	106
Tabel 37 Tinggi dan kedalaman gelombang pecah	111
Tabel 38 Tipe dan Fungsi Struktur Pengaman Pantai	112

BAB I

PENDAHULUAN

B. Latar belakang

Gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva sinusoidal (Holthuijsen, 2007). Menurut Pratikto dkk (2000) perambatan gelombang bervariasi dan tidak konstan sehingga sangat mempengaruhi karakteristik gelombang laut yang terjadi pada perairan. Selain terjadi perubahan tinggi, panjang dan kecepatan gelombang juga menyebabkan terjadinya peristiwa lain seperti halnya pendangkalan, refraksi, difraksi dan pantulan sebelum gelombang tersebut pecah. Sehubungan dengan sifat gelombang yang merusak maka diperlukannya penanganan berupa pembuatan pengaman pantai. Pengaman pantai dapat dilakukan dengan cara alami dan pembuatan struktur pengaman pantai. Pemilihan tipe pengaman pantai ini dilakukan berdasarkan analisis data berupa data angin, pasang surut, dan bathimetri (Alamratri & Sarwono, 2017).

Wilayah sekitaran pantai tamasaju merupakan daerah yang dimanfaatkan sebagai kawasan pemukiman dan daerah nelayan. Gelombang laut merupakan faktor yang mengakibatkan abrasi, sehingga makin mundurnya garis pantai, jika di biarkan terus menerus maka akan

menimbulkan kerugian yang sangat besar. Menurut tuturan masyarakat disekitaran pantai tamasaju bahwa kerusakan yang terjadi diakibatkan oleh pasang surut yang disertai dengan gelombang laut, Salah satu kerusakannya adalah pondasi rumah masyarakat dan kolam pengembangbiakan ikan serta fasilitas umum lainnya yang terletak di wilayah sempadan pantai. Sehubungan dengan kondisi yang terjadi di daerah tersebut maka perlu adanya bangunan pelindung pantai untuk mencegah terjadinya kemunduran garis pantai dan mengurangi laju abrasi yang terjadi.

Menurut Derajat (2000) pemilihan tipe perlindungan pantai pada lokasi, agar bangunan dapat berfungsi dengan optimal, maka harus mempertimbangkan beberapa hal penting seperti tujuan yang akan dicapai, ketersediaan material di lokasi, efesiensi bangunan, karakteristik gelombang dan beberapa aspek lainnya. maka untuk memenuhi kriteria dalam pemelihan tipe bangunan pelindung pantai, maka dilakukannya penelitian analisis karakteristik gelombang laut di daerah pantai tamasaju. Sesuai dengan kondisi yang terjadi di daerah pantai tamasaju kabupaten Takalar, maka penulis tertarik mengambil judul **"ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG DALAM PENENTUAN TIPE BANGUNAN PELINDUNG PADA DAERAH PANTAI TAMASAJU KECAMATAN GALESONG UTARA KABUPATEN TAKALAR"**

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik gelombang laut yaitu tinggi gelombang periode gelombang, dan gelombang pecah yang terdapat pada daerah pantai Tamasaju kabupaten Takalar?
2. Jenis tipe pelindung bagaimana yang sesuai dengan karakteristik gelombang di daerah pantai Tamasaju kabupaten Takalar?

D. Tujuan Penelitian

Terkait dengan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui Karakteristik gelombang laut yaitu tinggi gelombang periode gelombang, dan gelombang pecah yang terjadi di daerah pantai Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar
2. Mengetahui jenis tipe bangunan pelindung yang sesuai dengan karakteristik gelombang di daerah pantai Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan di atas maka manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman tentang keadaan karakteristik gelombang daerah pantai tamasaju, sehingga dapat menentukan tipe bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian.
2. Memberikan pengetahuan serta informasi bagi peneliti, khususnya dalam mengembangkan penelitian yang berkaitan gelombang.

F. Batasan Masalah

Mengingat adanya keterbatasan waktu penelitian, maka diperlukan batasan permasalahan dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di pantai kawasan pesisir Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
2. Karakteristik gelombang yang ditinjau adalah tinggi gelombang, periode gelombang, dan panjang gelombang.
3. Data angin yang dipakai adalah data angin 10 tahun terakhir.
4. Gelombang yang dihitung adalah gelombang yang diakibatkan oleh angin.
3. Pengambilan data angin (Sekunder) pada perhitungan, diambil dari data langsung dari BMKG dan Badan Geometri, serta data batimetri diambil dari Batimetri Nasional sedangkan data pasang surut, dan identifikasi masalah yang terjadi diambil pada data lapangan (primer) yaitu di

kawasan pesisir pantai Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.

5. Dalam penelitian ini berfokus pada pemilihan tipe bangunan pantai

G. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar tetap terarah pada tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Sistematika penulisan yang dituliskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN: Dalam bab ini, berisi tentang latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan penelitian serta sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan permasalahan yang diamati, menjelaskan tujuan dan pentingnya hasil penelitian bagi pengembangan tipe pemecah gelombang, ruang lingkup sebagai batasan dalam penulisan, serta sistematika dan organisasi tentang pengenalan isi per bab dalam disertasi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA: Dalam bab ini, memberikan gambaran atau menguraikan berbagai literatur yang berhubungan dengan penelitian/pembahasan, dan menguraikan tentang teori yang berkaitan dengan penelitian agar dapat memberikan gambaran yang akan digunakan dalam perencanaan dan menganalisa masalah.

BAB III METODE PENELITIAN ; Dalam bab ini, menguraikan lingkup penelitian, waktu dan tempat penelitian yang dilakukan, serta alat dan bahan yang digunakan, tahapan penelitian dan bagan alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN : Bab ini berisi hasil penelitian tentang analisis karakteristik gelombang sehingga dapat mengetahui gelombang yang menyebabkan abrasi pantai kawasan pesisir pantai Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.

BAB V PENUTUP : Berisi kesimpulan dan saran terhadap permasalahan dan tujuan penelitian yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Sehingga, untuk penelitian selanjutnya terdapat pengembangan lokasi penelitian di masamendatang.

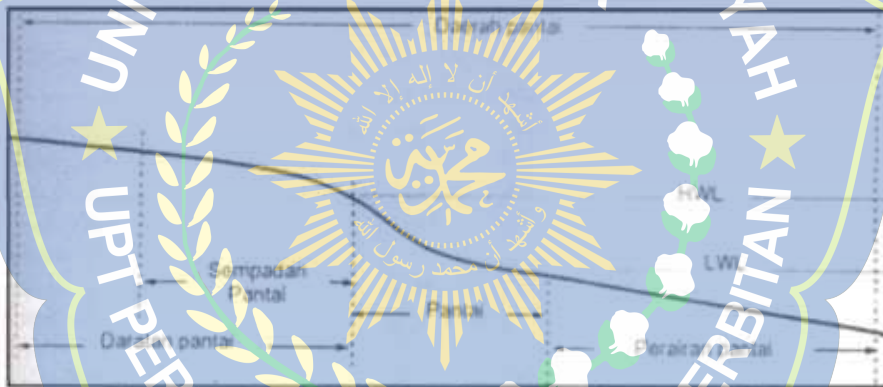


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai

Menurut Yuwono (1992), Pantai adalah jalur batas antara darat dan laut, diukur pada saat pasang tertinggi dan surut terendah, dipengaruhi oleh fisik laut dan sosial ekonomi bahari, sedangkan ke arah darat dibatas oleh proses alami dan kegiatan manusia di lingkungan darat. Penjelasan mengenai definisi daerah pantai dapat dilihat pada gambar berikut.



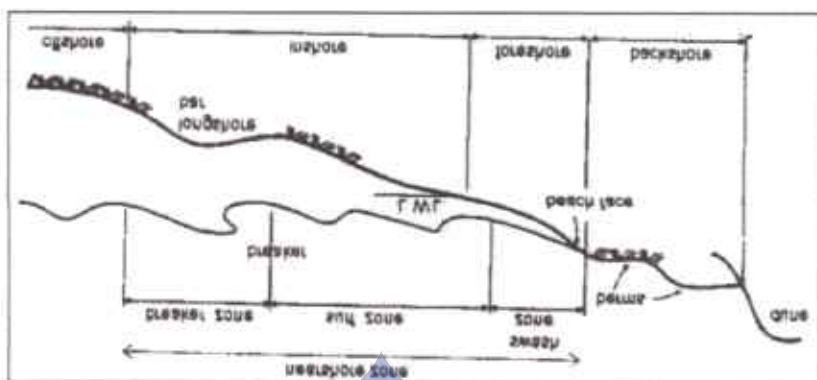
Gambar 1. Definisi daerah pantai (Yuwono, 1992)

1. Pesisir adalah daerah di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut.
2. Pantai adalah daerah di tepi perairan sebatas antara surut terendah dan pasang tertinggi.

3. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi.
4. Sempadan pantai adalah daerah sepanjang pantai yang diperuntukkan bagi pengaman dan pelestarian pantai.
5. Perairan pantai adalah daerah yang masih dipengaruhi aktivitas daratan.

Menurut Triatmojo (1999), morfologi pantai dan dasar laut dekat pantai akibat pengaruh terhadap gelombang dibagi menjadi empat kelompok yang berurutan dari darat ke laut sebagai berikut:

1. Backshore meruokain bagian dari pantai yang tidak terendam air laut kecuali bila terjadi gelombang badai.
2. Foreshore merupakan bagian pantai yang dibatasi oleh beach face atau muka pantai pada saat surut terendah hingga uprush pada saat air pasang tinggi.
3. Inshore merupakan daerah dimana terjadinya gelombang pecah, memanjang dari surut ke terendah sampai ke garis gelombang pecah.
4. Offshore yaitu bagian laut yang terjauh dari pantai (lepas pantai), yaitu daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut.



Gambar 2. Definisi dan karakteristik gelombang di daerah pantai
(Triatmodjo,1999)

Pantai adalah gambaran nyata interaksi dinamis anatar air, angin dan material (tanah). Angin dan air bergerak membawa material tanah dari satu tempat ke tempat lain, mengikis tanah dan kemudian mengendapkan lagi daerah lain secara terus-menerus. Dengan kejadian ini menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai. Dalam kondisi normal, pantai selalu bisa menahan gelombang dan mempunyai pertahanan alami untuk melindungi diri dari serangan arus dan gelombang.

B. Gelombang

Gelombang merupakan salah satu faktor yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus sepanjang pantai dan menyebabkan gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Triatmodjo,2011). Gelombang yang terdapat di laut bisa dibangkitkan oleh angin gaya Tarik matahari dan bulan, letusan gunung berapi atau gempa di laut, kapal bergerak dan lain-lain (Pratikto dkk, 2014).

Gelombang yang berada di laut sering nampak membingungkan, puncak permukaan laut sering nampak berubah-ubah hal ini biasa diamati dari permukaan airnya yang diakibatkan oleh arah perambatan gelombang yang bervariasi serta bentuk gelombang yang tak beraturan apalagi jika gelombang tersebut dibawah pengaruh angin (Pratikto dkk, 2014). Menurut Aziz (2006), semakin kencang atau tinggi kecepatan angin maka kecepatan gelombang semakin besar.

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air di mana gelombang tersebut menjalar (Triatmodjo, 1999). Adapun parameter yang dimaksud dapat diuraikan dibawah ini:

1. Panjang gelombang (L) adalah jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan. Dirumuskan sebagai berikut:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{(2\pi d)}{L} \quad (1)$$

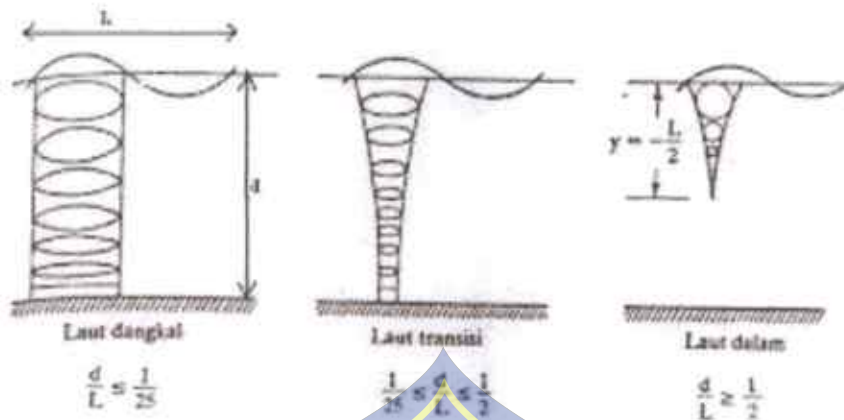
2. Tinggi gelombang (H) adalah perbedaan tinggi gelombang secara vertical, yaitu antara puncak tertinggi gelombang dan lembahnya.
3. Tinggi gelombang datang (H_i) adalah jarak antara titik puncak dan lembah gelombang.
4. Periode gelombang (T) waktu yang di tempuh antar dua puncak ataupun dua lembah gelombang secara berurutan pada suatu titik yang tetap.

5. Kecepatan rambat gelombang (C) adalah perbandingan antara dua parameter yaitu panjang gelombang dan periode gelombang (L/T). ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan C , partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang. Sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air yang tenang.
6. Kecuraman gelombang (wave steepness) yaitu perbagian antara tinggi gelombang dengan panjang gelombang (H/L).
7. Ketinggian relatif (relative height) yaitu perbagian antara tinggi gelombang dengan kedalaman (H/d).
8. Kedalaman relatif (relative depth) yaitu perbagian antara kedalaman dengan panjang gelombang (d/L). Gelombang diklasifikasikan menjadi tiga macam seperti tabel di bawah :

Tabel 1. Klasifikasi Gelombang

No	Kategori Gelombang	Kriteria
1	Gelombang di laut dangkal	$d/L \leq 1/20$
2	Gelombang di laut transisi	$1/20 < d/L \leq 1/2$
3	Gelombang di laut dalam	$d/L \geq 1/2$

(sumber : Triatmodjo, 1999)



Gambar 3. Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal,

transisi dan dalam (sumber : Triatmodjo, 1999)

9. Amplitudo (a) yaitu jarak vertikal antara dua titik puncak gelombang atau titik lembah gelombang dengan muka air tenang ($H/2$).



Gambar 4. Sketsa definisi gelombang (sumber : Triatmodjo, 1999)

C. Deformasi Gelombang

Apabila suatu daerah deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi dan gelombang pecah (Triatmodjo, 1999). Kejadian tersebut akan

mempengaruhi tinggi dari gelombang dan pola garis puncak gelombang di suatu daerah pantai.

1. Gelombang laut dalam ekivalen

Gelombang laut dalam ekivalen yaitu tinggi gelombang di laut dalam apabila gelombang tidak mengalami refraksi. Pemakaian gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi, difraksi, refleksi dan transformasi lainnya. Tinggi gelombang laut dalam ekivalen dapat di rumuskan seperti persamaan di bawah:

$$H'_0 = K' K_r H_0 \quad (2)$$

Dengan :

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam ekivalen

H_0 : tinggi gelombang laut dalam

K' : koefisien difraksi

K_r : koefisien refleksi

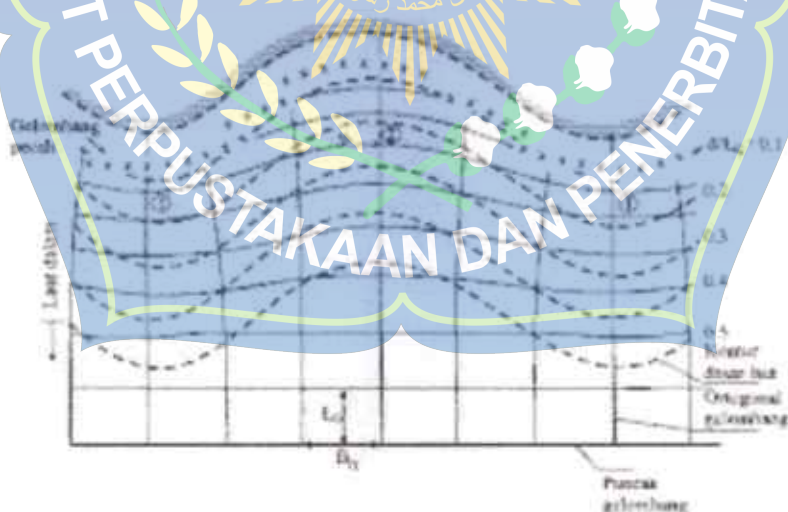
Refraksi dan pendangkalan gelombang (*Wave Refraction*)

Refraksi dapat terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang yaitu, di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut, tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Maka kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman

air di mana gelombang menjalar. Garis ortogonal gelombang yaitu garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah perjalanan gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur dasar laut (Triatmodjo,1999).

Refraksi dan pendangkalan (wave shoaling) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. faktor lainnya yang mempengaruhi pendangkalan gelombang yaitu kemiringan pantai, sedangkan faktor lain yang menyebabkan refraksi gelombang adalah kecepatan arus laut.

Anggapan-anggapan yang digunakan dalam studi refraksi gelombang adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Refraksi gelombang (sumber : Triatmodjo,1999).

Persamaan cepat rambat gelombang adalah :

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \tan \frac{2\pi d}{L} \quad (3)$$

Di laut dalam, persamaan (2) menjadi :

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \quad (4)$$

Di laut transisi, kecepatan rambat dihitung dengan persamaan (3), sedang di laut dangkal persamaan tersebut menjadi :

$$C = \sqrt{gd} \quad (5)$$

Energi total gelombang tiap satu satuan lebar gelombang adalah :

$$E = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (6)$$

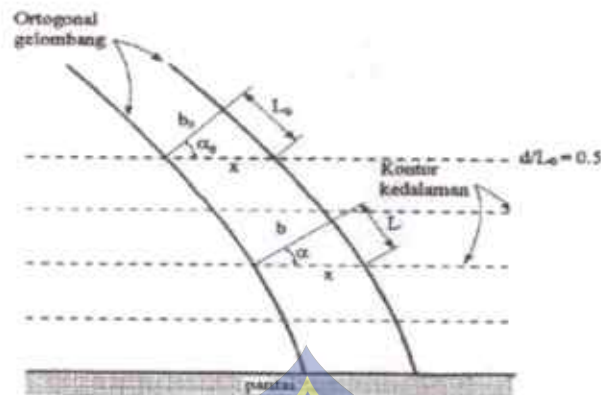
Sedangkan tenaga gelombang adalah :

$$T = \frac{n E}{T} \quad (7)$$

Tenaga yang terkandung di antara dua garis orthogonal dapat dianggap konstan. Apabila jarak antara dua garis orthogonal adalah b , maka tenaga gelombang di laut dalam dan di suatu titik di laut yang lebih dangkal adalah :

$$P_0 = \frac{n_0 E_0 b_0}{T_0}$$

$$P = \frac{n E}{T}$$



Gambar 6. Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar

(sumber: Triatmodjo, 1999)

Seperti dilihat pada gambar jarak antara orthogonal di laut dalam dan di suatu titik adalah b_0 dan b . Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga :

$$X = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha}$$

Sehingga koefisien refraksi adalah

$$k_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (8)$$

2. Difraksi gelombang

Apabila gelombang ulang datang terhalang oleh sesuatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Dalam difraksi gelombang ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Garis puncak gelombang di belakang rintangan membelok dan mempunyai

bentuk busur lingkaran dengan pusatnya pada ujung rintangan (Triatmodjo, 1999).



Gambar 7. Difraksi gelombang di belakang rintangan
(sumber : Triatmodjo, 1999)

$$H_A = K' H_p$$

$$K' = f(\theta, \beta, r/L) \quad (9)$$

dengan a adalah titik di tinjau di belakang rintangan dan p adalah ujung pemecah gelombang.

3. Refleksi gelombang

Gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang penting dalam perencanaan bangunan pantai.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara H_r dan tinggi gelombang H_i :

$$X = \frac{H_r}{H_t} \dots\dots\dots (10)$$

Tabel 2. Koefisien refleksi

Tipe bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0,7 - 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 - 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 - 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 - 0,5
Bangunan vertical dengan peredam energi (diberi lubang)	0,05 - 0,2

(sumber :Triatmodjo, 1999)

4. Gelombang pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada miringnya dasar pantai dan kecuraman gelombang (Triatmodjo, 2011). Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\frac{H_b}{H'_{a0}} = \frac{1}{3,3 (H'_{a0}/L_0)^{1/3}} \dots\dots\dots (11)$$

Kedalaman air di mana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut :

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (H'_{a0}/gT^2)} \dots\dots\dots (12)$$

Di mana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut :

$$a = 43,75(1 - e^{-19m})$$

$$b = \frac{1}{(1 - e^{-19m})} \dots\dots\dots (13)$$

Dengan :

H_b : tinggi gelombang pecah

H'_0 : tinggi gelombang laut dalam equivalen

L_0 : panjang gelombang di laut dalam

d_b : kedalaman air pada saat gelombang pecah

m : kemiringan dasar laut

g : percepatan gravitasi

T : periode gelombang

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut ini:

a. *Spilling*

Pecahnya gelombang pada jarak yang cukup jauh dari pantai secara berangsur-angsur dan ada buih terjadi pada puncak gelombang selama mengalami pecah dan meninggalkan suatu lapis tipis buih pada jarak yang cukup panjang.

b. *Plunging*

Pecahnya gelombang dengan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan, sebagian kecil dipantulkan pantai ke laut dan tidak banyak gelombang baru terjadi pada air yang lebih dangkal.

c. *Surging*

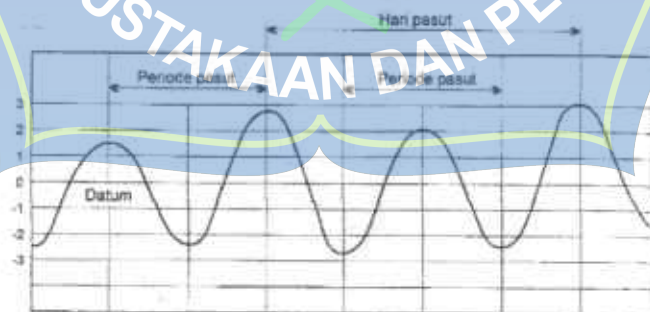
Surging terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang. Daerah gelombang pecah sangat

sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe surging ini mirip dengan plunging, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

D. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan lebih kecil dari massa matahari, tetapi jaraknya ke bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari.

Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting didalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting dalam merencanakan bangunan tersebut.



Gambar 8. Kurva pasang surut (sumber : Triatmodjo,1999)

Beberapa elevasi pasang surut didefinisikan sebagai berikut :

1. Muka air tertinggi (HWL), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (LWL), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (MHWL), adalah rerata dari muka air tertinggi
4. Muka air rendah rerata (MLWL), adalah rerata dari muka air terendah
5. Muka air laut rerata (MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (HHWL), air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (lowes low water level, LLWL), air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berturut-turut. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Data pasang surut yang telah didapatkan digunakan untuk penentuan tipe pasang surut serta muka air laut rerata (MRL) yang terjadi dengan menggunakan metode admiralty. Metode admiralty merupakan salah satu metode, yang mana dalam perhitungannya melibatkan kedudukan permukaan air laut rata-rata dan fungsi sinusoidal dengan menghitung dua konstanta harmonik utama yaitu

amplitudo dan fasa dari pengamatan ketinggian air laut tiap-tiap jam selama 15 piantan (15 hari) atau 29 piantan (29 hari). Perhitungan metode admiralty menggunakan bantuan tabel, dimana untuk waktu pengamatan ditabelkan untuk diinterpolasikan, dalam pembagian anantara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama dengan perhitungan bilangan formzahl (Anugrah dkk,2009) sebagai berikut :

$$F = \frac{A(K_1)+A(O_1)}{A(M_2)+A(S_2)} \dots \dots \dots (14)$$

Dengan:

- F : Bilangan Formzahl
 O_1 : Amplitudo komponen pasut tunggal
 K_1 : Amplitudo komponen pasut tunggal utama yang disebabkan gaya tarik surya
 M_2 : Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik bulan
 S_2 : Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik surya

Dengan demikian klafikasikan pasang surut sebagai berikut:

1. Pasang surut harian ganda jika $F \leq 0.25$
2. Pasang surut campuran (ganda dominan) jika $0.25 < F \leq 1.5$
3. Pasang surut campuran (tunggal dominan) jika $1.5 < F \leq 3$

4. Pasang surut harian tunggal jika $F > 3$

E. Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang (Analisis Frekuensi)

Frekuensi gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menempatkan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran yang panjang (beberapa tahun). Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi (peramalan) berdasarkan data angin.

1. Analisis frekuensi

Ada dua metode yang digunakan untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu distribusi Gumbel (Fisher – Tippet Type 1) dan distribusi Weibull (CERC, 1984). Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini.

a. Distribusi Fisher – Tippet Type I

$$P(H_s \leq H_s) = e^{n^{-\frac{H-B}{A}}} \quad (15)$$

b. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq H_s) = 1 - e^{-\left(\frac{H-B}{A}\right)} \quad (16)$$

dengan :

$P(H_s \leq H_s^*)$: Probabilitas Bahwa H_s tidak dilampaui

H : Tinggi gelombang representatif

H^* : Tinggi gelombang dengan nilai tertentu

- A : Parameter skala
 B : Parameter lokasi
 K : Parameter bentuk (kolom pertama table.2.2)

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

- a. Distribusi Fisher – Tippett Type I

$$P(H_s \leq H_m) = 1 - \frac{m-0,44}{N_t+0,12} \quad (17)$$

- b. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq H_m) = 1 - \frac{m-0,2}{N_t+0,2+\frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (18)$$

Dengan :

$P(H_s \leq H_{sm})$: Probabilitas dari tinggi gelombang representative ke- m yang tidak dilampaui

H_{sm} : Tinggi gelombang urutan ke m

m : Nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1, 2, ..., N

N_T : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan (bisa lebih besar dari gelombang representatif)

Parameter A dan B di dalam persamaan 24 dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisis regresi linier dari hubungan berikut:

$$H_m = Ay_m + B \quad (19)$$

Dimana y_m diberikan oleh bentuk berikut :

Untuk distribusi Fisher – Tippet tipe I

$$y_m = -\ln\{-\ln F(Hs \leq Hsm)\} \dots\dots\dots (20)$$

Untuk Distribusi Weibull

$$y_m = [-\ln(1 - F)(Hs \leq Hsm)]^{\frac{1}{k}} \dots\dots\dots (21)$$

Dengan A^* dan B^* adalah perkiraan dari parameter skala dan local yang diperoleh dari analisis regresi linier.

2. Periode ulang

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dengan fungsi distribusi probabilitas dengan rumus berikut :

$$H_{nr} = A y_r + B \dots\dots\dots (22)$$

di mana y_r diberikan oleh bentuk berikut :

untuk distribusi Fisher-Tippet tipe I:

$$y_r = -\ln \{-\ln (1 - \frac{1}{L y_r})\} \dots\dots\dots (23)$$

untuk distribusi Weibull:

$$y_r = \{-\ln (L T_r)\}^{1/k} \dots\dots\dots (24)$$

Dengan :

H_{nr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : periode ulang (tahun)

K : periode data (tahun)

L : rerata jumlah kejadian per tahun

3. Interval keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah penting dalam analisa gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat berpengaruh oleh penyebaran data, sehingga nilainya tergantung pada standar deviasi. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut :

$$^{a}nr = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha (yr - c \mathcal{E} \ln v)^2]^{1/2} \quad (25)$$

dengan :

^{a}nr : Standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

N : jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-13} + k \sqrt{-\ln v}} \quad (26)$$

$\alpha_1, \alpha_2, e, \mathcal{E}, k$: koefisien empiris yang diberikan oleh tabel

$$v = \frac{N}{N_T}$$

Tabel 3. Koefisien untuk menghitung deviasi standar

Ditribusi	α_1	α_2	k	c	$\mathcal{E}$
FT-1	0,64	9,0	0,93	0	1,33
Weibull ($k = 0,75$)	1,65	11,4	-0,63	0	1,15
Weibull ($k = 1,0$)	1,92	11,4	0	0,3	0,90
Weibull ($k = 1,4$)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72
Weibull ($k = 2,0$)	2,24	11,4	1,34	0,5	0,54

(sumber : Triatmodjo, 1999)

besaran absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus :

$$\alpha_r = \alpha_m \alpha H_s \dots \dots \dots (27)$$

dengan :

α_r : kesalahan standar deviasi dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

αH_s : deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan

F. Pembangkit Gelombang

Dalam sub bab ini akan dipelajari pembangkit gelombang oleh angin. Angin berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk.

1. Angin

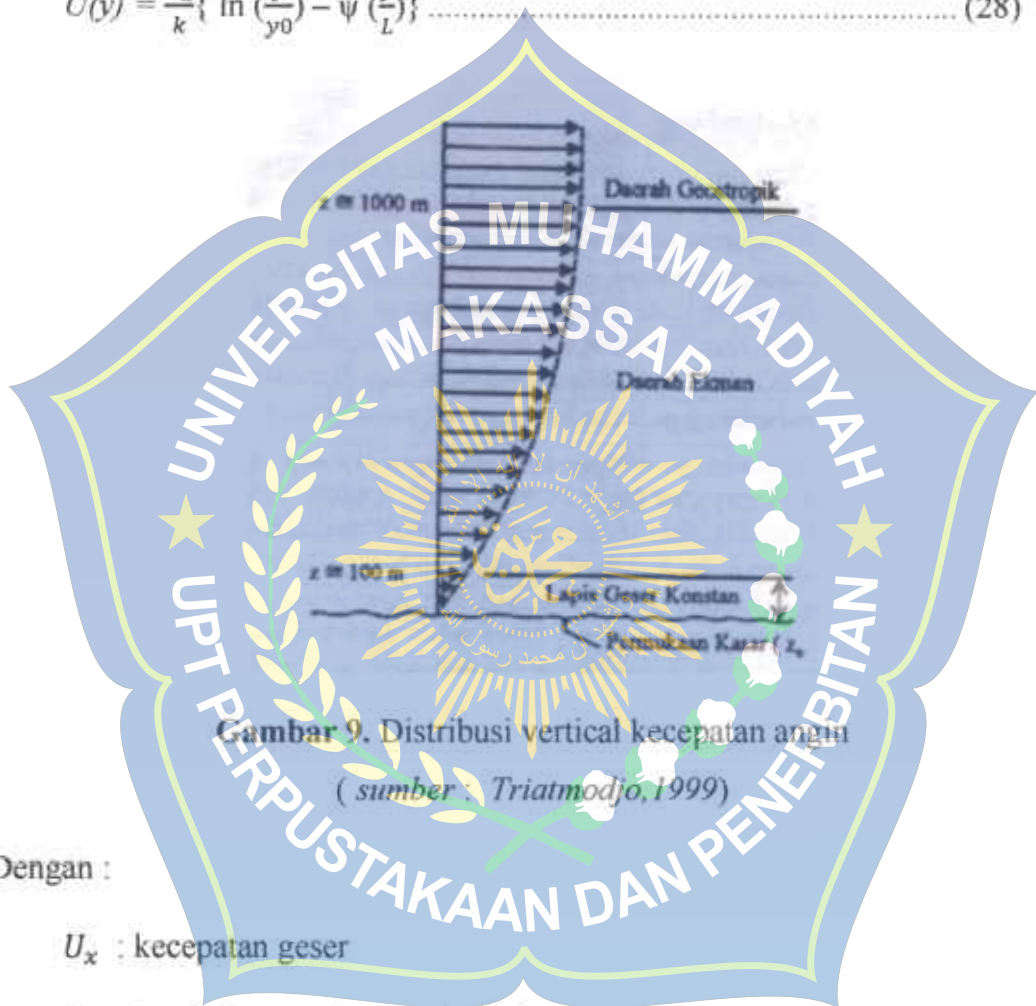
a. Distribusi kecepatan angin

Distribusi kecepatan angin terbagi atas tiga daerah sesuai dengan elevasi di atas permukaan. Di daerah geostropik yang berada di atas 1000 m kecepatan angin adalah konstan di bawah elevasi tersebut dua daerah yaitu Ekman yang berada pada elevasi 100 sampai 1000 dan daerah di mana

tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 sampai 100 m (*Triatmodjo, 1999*).

Di daerah tegangan konstan, profil vertikal dari kecepatan angin mempunyai bentuk berikut :

$$U(y) = \frac{U_x}{k} \left\{ \ln \left(\frac{y}{y_0} \right) - \psi \left(\frac{y}{L} \right) \right\} \dots \dots \dots (28)$$



Gambar 9. Distribusi vertikal kecepatan angin
(sumber : *Triatmodjo, 1999*)

Dengan :

U_x : kecepatan geser

k : koefisien von karman ($\approx 0,4$)

y : elevasi terhadap permukaan air

y_0 : tinggi kekasaran permukaan

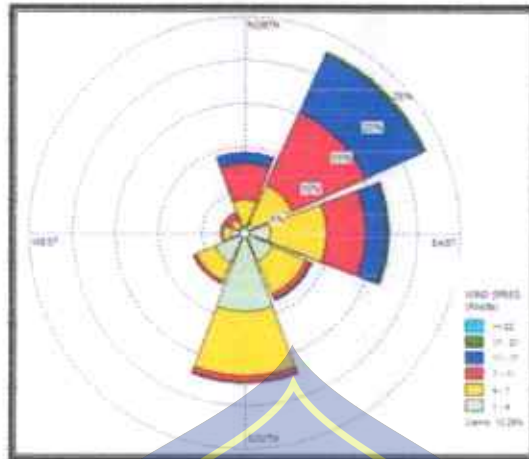
L : panjang campur yang tergantung pada perbedaan tempratur antara air dan udara (ΔT_{ar})

Ψ : fungsi yang tergantung pada perbedaan tempratur antara air dan udara. Di indonesia, mengingat perbedaan tempratur antara air laut dan udara kecil, maka parameter ini bisa diabaikan.

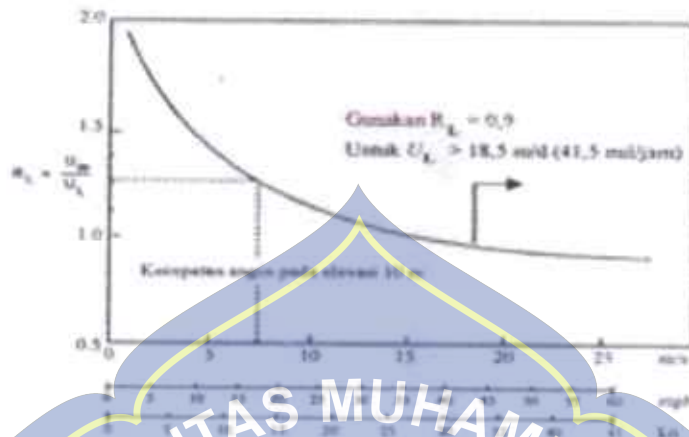
b. Data angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkit. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin di laut. Kecepatan angin di ukur dengan anemometer, dan biasanya di nyatakan dalam knot. Adapun data angin yang digunakan untuk peramalan atau hindcasting gelombang adalah sebagai berikut:

- Arah datang angin
- Kecepatan hembusan angin
- Durasi/lama hembusan angina



dapat digunakan untuk daerah lain kecuali apabila karakteristik daerah sangat berlainan.



Gambar 11. Hubungan antara kecepatan angin laut dan darat
(sumber : Triatmodjo, 1999)

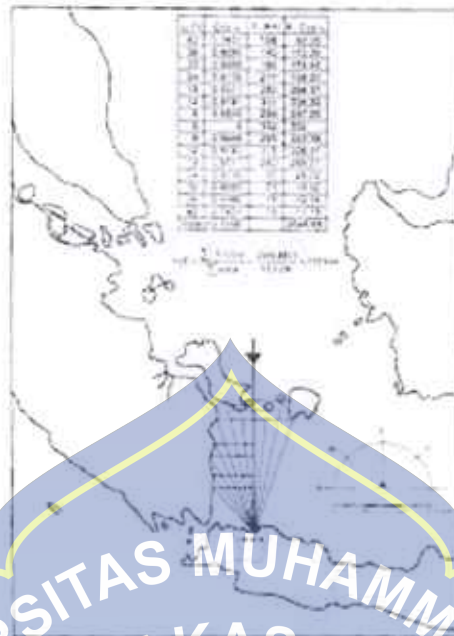
Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin seperti yang dijelaskan di atas, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus :

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \quad (30)$$

Di mana untuk U adalah kecepatan angin dalam m/d .

2. Fetch

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Daerah *fetch* adalah daerah dengan kecepatan angin konstan. Sedangkan jarak *fetch* merupakan jarak tanpa rintangan di mana angin sedang bertiup (Mulyabakti, dkk, 2016)



Gambar 12. *fetch* (sumber : Triatmodjo, 1999)

Gambar di atas menunjukkan cara untuk mendapatkan *fetch* efektif.

Fetch rerata efektif diberikan dengan persamaan berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (31)$$

Dengan :

F_{eff} : *fetch* rerata efektif

X_i : panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut besar 42° pada kedua sisi arah angin.

Adapun hal yang perlu diperhatikan dalam penarikan garis *fetch* yaitu:

- Tidak ada fetch di daratan
- Tidak ada fetch sejajar, minimum 15° dari garis pantai

Perhitungan panjang *fetch* efektif dilakukan dengan menggunakan bantuan peta lokasi studi dengan skala yang cukup besarsehingga dapat terlihat pulau-pulau/daratan yang mempengaruhi bentuk gelombang di suatu lokasi untuk 8 arah mata angin dari titik pengamatan dengan interval 5° (Binilang, 2014).

G. Kedalaman Laut (Batimetri)

Kedalaman laut (Batimetri) dapat diartikan sebagai pengukuran dan pemetaan topografi dasar laut. Informasi kedalaman laut (batimetri) di suatu wilayah perairan merupakan hal yang sangat penting dalam kegiatan pemanfaat ruang wilaya pantai. Menurut Soeprapto (1999) dan Simanjuntak (2012) bahwa data hasil batimetri harus dikoreksi terhadap kedudukan permukaan air laut (MSL, Z_0 , dan TWLt) pada waktu pengukuran dan dilakukan koreksi terhadap jarak tenggelam transduser agar diperoleh kedalaman sebenarnya. Pengambilan data kedalaman laut (batimetri) yang dilakukan berpegang pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7646:2010. Reduksi (koreksi) terhadap pasang surut air laut dirumuskan sebagai berikut:

$$rt = TWLt - (MSL + Z_0) \dots\dots\dots (32)$$

Dengan :

rt : besarnya reduksi (koreksi) yang diberikan kepada hasil

TWL_t : kedudukan permukaan laut sebenarnya (*true water level*) pada waktu t .

MSL : muka air laut rata-rata (*mean sea level*)

Z_0 : kedalaman muka surutan di bawah MSL

Berdasarkan persamaan (30) menghasilkan besarnya reduksi (koreksi) terhadap pasang surut air laut, selanjutnya menghitung kedalaman sebenarnya, dengan rumus sebagai berikut:

$$D = dT - rt \quad (33)$$

Dengan :

D : Kedalaman sebenarnya

dT : kedalaman terkoreksi traduser

rt : reduksi (koreksi) pasang surut laut

H. Bangunan Pantai.

Salah satu dari masalah yang ada di daerah adalah erosi pantai. Erosi pantai dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar dengan rusaknya kawasan pemukiman dan fasilitas-fasilitas yang ada di daerah tersebut. Untuk menanggulangi erosi pantai, dengan mengetahui penyebab terjadinya erosi pantai, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya, yang biasanya adalah dengan membuat bangunan pelindung pantai.

1. perlindungan pantai

Bangunan pantai dibangun untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena hantaman gelombang dan arus maupun sebagai tempat untuk menarik wisatawan khususnya untuk daerah pantai wisata. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai, yaitu :

- a. Memperkuat / melindungi muka pantai agar mampu menahan serangan gelombang.
- b. Mengubah laju transportasi sedimen pantai.
- c. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai.
- d. Beach nourishment dengan menambah suplai sedimen ke pantai.
- e. Melakukan penghijauan (reboisasi) daerah pantai.

Dalam pemilihan sistem perlindungan pantai pada lokasi pantai tertentu, agar bangunan dapat berfungsi secara optimal. Maka perlu mempertimbangkan hal-hal berikut (Derajat, 2000) :

- a. Penyebab kerusakan pada pantai
- b. Tujuan yang ingin dicapai
- c. Efektifitas bangunan
- d. Material bangunan yang tersedia sekitar lokasi
- e. Kelestarian sekitar lingkungan dan estetika pantai
- f. Kegiatan masyarakat di sekitar kawasan
- g. Karakteristik gelombang (tinggi gelombang, periode dan arah datangnya gelombang)

Berdasarkan fungsinya bangunan pantai secara umum dapat diklafikasikan dalam tiga kelompok yaitu :

- a. Konstruksi yang dibangun dipantai dan sejajar dengan garis pantai,
- b. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan berhubungan dengan pantai,
- c. Konstruksi yang dibangun dilepas pantai dan kira-kira sejajar dengan garis pantai.



Gambar 13. Klasifikasi bangunan pelindung pantai
(sumber : Derajat, 2000)

2. Macam-macam bangunan pelindung pantai

a. Bangunan revetment

Bangunan revetment (perkuatan lereng) merupakan bangunan pelindung yang dibangun pada garis pantai yang berfungsi melindungi

pantai dari hantaman gelombang dan limpasan gelombang (overtopping) ke darat. Bangunan ini terdiri atas bagian utama yaitu lapis lindung, lapis filter dan pelindung, dan juga bangunan revetment lebih fleksibel karena mempunyai sisi miring dan bisa terbuat dari tumpukan batu atau bronjong.



Gambar 14. Contoh bangunan revetment pada pantai
(Sumber: <https://solusikonstruksi.com/>)

b. Tembok laut (Seawall)

Tembok laut berfungsi sebagai bangunan pelindung pantai terhadap hantaman gelombang serta menahan terjadinya limpasan gelombang ke daratan yang berada di belakangnya yaitu daerah pemukiman yang sudah sangat dekat dengan garis pantai. Bangunan bisa berbentuk dinding vertikal, miring, lengkung, atau bertangga ataupun dari pasangan batu, dinding beton atau buis beton.



Gambar 15. Contoh tembok laut (curved seawall) pada pantai
(Sumber : <https://bachameichristianak17.wordpress.com/>)

c. Tanggul Laut (Sea Dike)

Tanggul laut atau sebutan lainnya levee atau sea dike, embankment, yaitu semacam tembok miring baik buatan maupun alami, digunakan untuk mengatur muka air. Menurut menteri pekerjaan umum No. 07/SE/M/2010 tentang pemberlakuan pedoman pelaksanaan konstruksi bangunan pengaman pantai bahwa sel dike merupakan struktur pengaman pantai yang dibangun sejajar pantai dengan tujuan untuk melindungi dataran pantai rendah dari genangan yang diakibatkan oleh air pasang, gelombang dan badai.



Gambar 16. Contoh tanggul laut (sea dike) pada pantai

(Sumber: <https://ekonomibisnis.com/>)

d. Dinding penahan tanah (Bulkheads)

Bulkhead adalah bangunan pelindung pantai yang fungsi utamanya mirip dengan seawall yaitu menahan tanah di belakangnya. Bulkhead berupa turap yang dipancang kedalam tanah yang dilengkapi angker.



Gambar 17. Contoh Bulkheads pada pantai

(Sumber : <https://kumparan.com/>)

e. Groyne

Bangunan ini berfungsi untuk menahan transpor sedimen di sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi dan juga menahan masuknya transpor sedimen sepanjang pantai ke pelabuhan atau muara sungai. Menurut surat edaran materi pekerjaan umum No. 7/SE/M/2010 tentang pemberlakuan pedoman pelaksanaan konstruksi bangunan pengaman pantai dijelaskan Groyne adalah bangunan pelindung pantai yang menjorok ke arah laut atau secara tegak lurus garis pantai. Tujuan pembangunan groyne (krib) yaitu:

- Mengatur aliran laut dengan sedemikian rupa pada waktu banjir air dapat mengalir dengan cepat dan aman,
- Mengatur kecepatan aliran laut yang memungkinkan adanya pengendapan dan pengangkutan sedimen,
- Mengarahkan aliran ke tengah alur laut agar tebing laut tidak terkikis,
- Mengarahkan aliran laut sehingga dapat dipergunakan untuk pelayaran.



Gambar 18. Contoh Groyne pada pantai

(Sumber : www.aktualita.info)

f. jetty

Bangunan yang tegak lurus pantai yang terletak pada dua sisi muara sungai yang berfungsi menahan pasir/sedimen yang bergerak sepanjang pantai masuk dan mengedap di muara sungai.



Gambar 19. Contoh Jetty pada pantai
(Sumber : www.adhyaksapersada.co.id)

g. Pemecah Gelombang (Breakwater)

Breakwater dalam hal ini pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Adapun fungsi dari bangunan pemecah gelombang sebagai berikut :

- Berfungsi sebagai pelindung kolam perairan pelabuhan terlentang dibelakangnya dari hantaman gelombang
- Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peremdam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi),

- Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan, dihancurkan dan diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang (periode, tinggi, kedalaman air),
- Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindungi akan mengurangi pengiriman sedimen di daerah tersebut.



Gambar 20. Contoh breakwater pada pantai
(Sumber: <https://pakarstruktur.com/>)

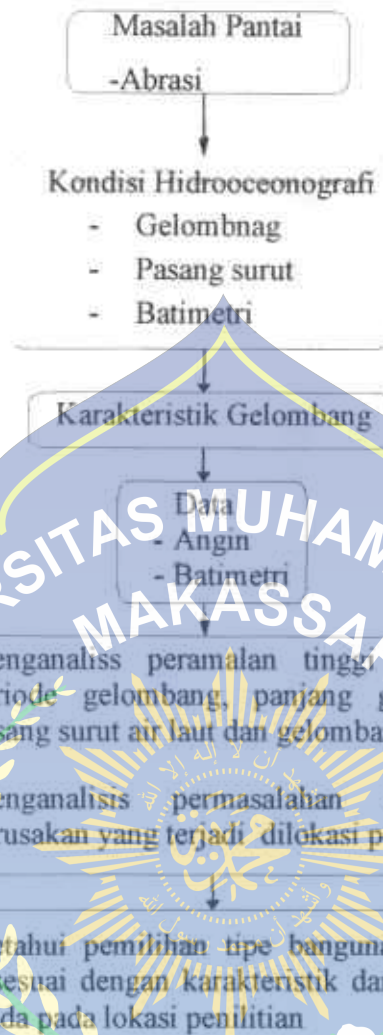
I. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian serupa dengan penelitian ini adalah Analisis Karakteristik Gelombang di Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa utara. Oleh Ir. Alex Binilang, MT., 2014. Menggunakan metode penelitian kajian bersifat teoritis dan data lapangan. Hasil penelitian adalah karakteristik gelombang serta besaran jenis pasang surut menggunakan metode admiralty untuk menentukan elevasi muka air laut pantai paal. Dan penelitian selanjutnya, Pemilihan Tipe Bangunan

Pengaman Pantai Dengan Kearifan Lokal Di Pulau Bunaken. Oleh Stefanny Kumaat, A.K.T.Dundu, R.J.M. Mandangi,2016. Menggunakan metode penelitian bersifat observasi yaitu survei lokasi serta wawancara masyarakat. Hasil penelitian yang diperoleh, menggunakan pengaman pantai kearifan lokal adalah berupa typical desain sand dune.



J. Kerangka Pikir



Gambar 21. Kerangka pikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di daerah pantai Tamasaju kecamatan Galesong Utara kabupaten Takalar. Dengan waktu penelitian dilaksanakan selama 2 bulan yaitu pada bulan Juli sampai Agustus.



Gambar 22. Lokasi penilian (Sumber : Google Earth.)

B. Jenis Dan Sumber Data

Jenis data yang dibutuhkan berasal dari instansi yang terkait dengan penelitian yaitu :

- a. Data sekunder di peroleh langsung dari stasiun Maritim Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Paotere Makassar yaitu berupa data angin dan Data batimetri diperoleh dari batimetri nasional.
- b. Data primer di peroleh langsung dari lokasi penelitian seperti data, pasang surut, dan identifikasi masalah.

C. Alat Yang di Gunakan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rambu ukur : Alat untuk mengukur tinggi dan rendahnya pasang surut.
2. Alat tulis : Alat untuk pencatatan data mentah dilapangan
3. Leptop : Sebagai alat pengelola data dalam penelitian

D. Analisi Data

1. Analisis panjang fetch efektif (garfis)

Untuk menganalisa arah datangnya pembangkit gelombang yang dibatasi oleh daratan yang meneghilinya yaitu dengan cara plot peta dari google maps kedalam software AutoCAD. Untuk perhitungan panjang fetch efektif digunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

Dengan :

F_{eff} : *fetch* rerata efektif

X_i : panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut besar 42° pada kedua sisi arah angin

2. Analisi data angin

data angin yang dipakai 10 tahun terakhir yang diperoleh dari stasiun Maritim Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Paotere Makassar, dikelompokkan dalam table berdasarkan arah datangnya setiap bulan.

3. Analisis peramalan gelombang

Dalam perhitungan analisis peramalan tinggi dan periode gelombang signifikan digunakan hitungan dengan metode SPM 1984 dengan persamaan sebagai berikut :

a. Tinggi gelombang signifikan(H_s)

$$\frac{gH_s}{U_A^2} = 0,0016 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2}$$

b. Periode gelombang signifikan(T_s)

$$\frac{gT_s}{U_A} = 0,2857 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3}$$

c. Durasi pertumbuhan gelombang(T_c)

$$\frac{gT_c}{U_A} = 68,8 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3}$$

Dimana :

H_s : tinggi gelombang signifikan (m)

T_s : periode gelombang signifikan (s)

F : panjang Fetch efektif (m)

T_c : durasi angin (m/s)

U_A : kecepatan angin (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Untuk panjang gelombang (L) di perairan dalam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (CERC, 1984 dan Horikawa, 1988) :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56T^2$$

d. Periode kala ulang gelombang

Kala ulang gelombang dapat di hitung dari hasil perhitungan tinggi gelombang dimana pada tinggi gelombang tersebut di hitung mulai dari tinggi gelombang nilai maximumnya sampai nilai minimumnya, hasil perhitungan periode kala ulang gelombang digunakan untuk menentukan tinggi gelombang rencana (H_r) di laut dalam untuk kala n tahun.

e. Analisis Pasang surut

Dalam analisi data pasang surut di gunakan Metode admiralty.

Metode admiralty merupakan salah satu metode, yang mana dalam perhitungannya melibatkan kedudukan permukaan air laut rata-rata dan fungsi sinusoidal dengan menghitung dua konstanta harmonik utama yaitu

amplitudo dan phasa dari pengamatan ketinggian air laut tiap-tiap jam selama 15 piantan (15 hari) atau 29 piantan (29 hari). Perhitungan metode admiralty menggunakan bantuan tabel, dimana untuk waktu pengamatan ditabelkan untuk diinterpolasikan, dalam pembagian anantara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama dengan perhitungan bilangan formzahl (Anugrah dkk,2009) sebagai berikut :

$$F = \frac{A(K_1) + A(O_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

Dengan:

F : Bilangan Formzahl

O₁ : Amplitudo komponen pasut tunggal

K₁ : Amplitudo komponen pasut tunggal utama yang disebabkan gaya tarik surya

M₂ : Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik bulan

S₂ : Amplitudo komponen pasut ganda utama yang disebabkan gaya tarik surya

f. Analisis peta topografi dan batimetri

Analisa peta topografi dan bathymetri dilakukan untuk menentukan dan mengetahui kemiringan lereng muka (ϕ) dan dasar pantai (β). Analisis

Tabel 5. Persentasi kejadian angin rata-rata berdasarkan interval kecepatan

Interval (m/s)	Jumlah data	Persentase (%)
0 - 2	0	0,0
2 - 4	23	38,3
4 - 6	27	45,0
6 - 8	8	13,3
>8	2	3,3
Total	60	100,0

Sumber : Analisis data

Berdasarkan arah fetch gelombang arah mata angin yang berpotensi membangkitkan gelombang ada 4 yaitu Utara, barat laut, barat dan barat daya. Selain penyajian data angin juga disajikan dalam bentuk mawar angin seperti pada gambar dibawah :



Gambar 24. Mawar angin dari tahun 2016 sampai 20

B. Fetch

Berdasarkan kondisi geografis lokasi penelitian, arah angin yang berpotensi membangkitkan gelombang di lokasi penelitian adalah angin yang bertiup dari arah Utara, Barat, Barat daya dan barat timur, sedangkan arah timur dan tenggara tidak diperhitungkan arah fetch efektifnya karena angin yang berhembus melewati daratan. Oleh sebab itu, dalam penentuan fetch efektif, hanya ketiga arah tersebut yang diperhitungkan. Adapun penentuan fetch pada lokasi studi, disajikan pada gambar



Gambar 25. Angin yang berpotensi menimbulkan gelombang

Gambar dan Tabel perhitungan fetch untuk masing-masing arah peramalan gelombang laut yaitu arah Utara, Barat Laut, barat dan Barat daya adalah berikut:

Tabel 6. Perhitungan fetch efektif arah utara

	$\alpha (^{\circ})$	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
UTARA	0	1,0000	220,76	220,760
	-5	0,9962	217,99	217,160
	-10	0,9848	210,12	206,928
	-15	0,9659	798,64	771,427
	-20	0,9397	654,87	615,377
	Total	4,8866		2031,65

Sumber : Analisis Perhitungan

$$Feff = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{2031,65}{4,8866} = 415,75 \text{ km}$$

$$= 41575 \text{ m}$$

Tabel 7. Perhitungan fetch efektif arah barat daya

	$\alpha (^{\circ})$	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT DAYA	20	0,9397	467,26	439,081
	15	0,9659	462,73	446,963
	10	0,9848	579,67	570,864
	5	0,9962	563,09	560,947
	0	1,0000	485,32	485,320
	-5	0,9962	346,85	345,530
	-10	0,9848	308,23	303,547
	-15	0,9659	21,59	20,854
	-20	0,9397	22,59	21,228
	Total	8,7732		3194,33

Sumber : Analisis Perhitungan

$$Feff = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{3194,33}{8,7732} = 364,099 \text{ km}$$

$$= 364099 \text{ m}$$

Tabel 8. Perhitungan fetch efektif arah Barat

	$\alpha (^{\circ})$	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT	20	0,9397	512,29	481,395
	15	0,9659	554,54	535,645
	10	0,9848	136,4	134,328
	5	0,9962	189,17	188,450
	0	1,0000	1606,71	1606,710
	-5	0,9962	100,85	100,466
	-10	0,9848	934,76	920,559
	-15	0,9659	722,73	698,104
	-20	0,9397	625,6	587,872
	Total	8,7732		5253,53

Sumber : Analisis Perhitungan

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{5253,53}{8,7732} = 598,812 \text{ km}$$
$$= 598812 \text{ m}$$

Tabel 9. Perhitungan fetch efektif arah Barat Laut

	$\alpha (^{\circ})$	$\cos \alpha$	X_i (km)	$X_i \cos \alpha$
BARAT LAUT	20	0,9397	576,55	541,780
	15	0,9659	404,98	391,181
	10	0,9848	559,44	550,941
	5	0,9962	487,96	486,103
	0	1,0000	479,88	479,880
	-5	0,9962	452,49	450,768
	-10	0,9848	409,75	403,525
	-15	0,9659	398,73	385,144
	-20	0,9397	398,32	374,298
	Total	8,7732		4063,62

Sumber : Analisis Perhitungan

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{4063,6195}{8,7732} = 463,183 \text{ km}$$
$$= 463183 \text{ m}$$

Adapun rekapitulasi fetch efektif untuk tiap-tiap mata angin adalah sebagai berikut :

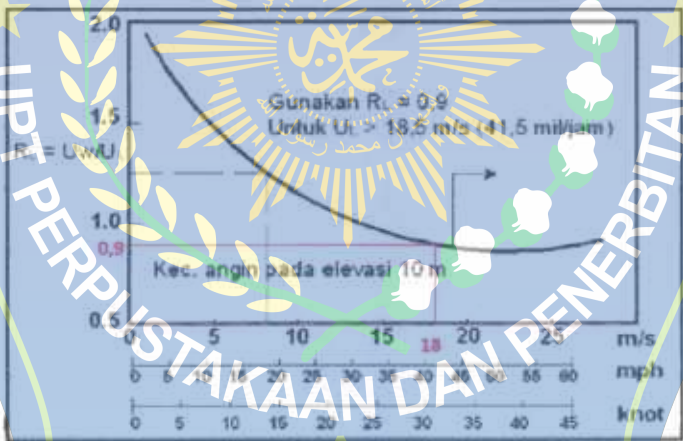
Tabel 10. Data fetch di lokasi studi

ARAH		FEf (Km)	FEf (m)
U	0	415,758	415758
BL	315	463,183	463183
B	270	598,813	598813
BD	225	364,100	364100

Sumber: Hasil Perhitungan

C. Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang

Berdasarkan kecepatan maksimum yang terjadi tiap bulan dicari nilai RL dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat didapat nilai RL = 0,9 dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 27. Garfik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat

$$t_l = \frac{1609}{U_{10}}$$

$$= \frac{1609}{8,73}$$

$$= 184,28 \text{ (kolom 4)}$$

$$U_{3600} = \frac{U_{10}}{RL}$$

$$= \frac{8,73}{0,90}$$

$$= 9,70 \text{ (kolom 6)}$$

$$U_s = U_{3600} \times R_T$$

$$= 9,70 \times 1,10$$

$$= 10,67 \text{ (kolom 8)}$$

Hitung U_w dengan rumus:

$$U_w = U_s \times RL$$

$$= 10,67 \times 0,90$$

$$= 11,92 \text{ m/det (kolom 9)}$$

Hitung U_A dengan rumus:

$$U_A = 0,71 \times U_w^{1,23}$$

$$= 0,71 \times 11,92^{1,23}$$

$$= 14,97 \text{ m/det (kolom 10)}$$

Keterangan :

U_{3600} : kecepatan rata-rata durasi 3600 detik

U_s : koreksi stabilitas

RL : faktor reduksi

R_T : koefisien stabilitas

U_A : wind stress faktor

U_w : kecepatan angin dilaut

Berdasarkan hasil analisa paramater sebelumnya, tinggi dan periode gelombang pada bulan januari 2016 kecepatan angin maksimum yang berhembus berasal dari arah selatan yang melewati daratan yang tidak memiliki pembangkit gelombang, maka tidak ada tinggi dan periode gelombang yang terjadi.



Tabel 11. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2016

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah	(°)	U ₁₀ (m/dtk)	t ₁ (dtk)	RL	U ₃₀₀₀ (m/dtk)	R _T	U _s (m/dtk)	U _w (m/dtk)	U _k (m/dtk)	Fetch (m)	td (dtk)	tc (dtk)	Klasifikasi gelombang	H (m)	T (detik)
Januari	9,3	S	180	8,73	184,28	0,90	9,70	1,10	10,67	11,92	14,97	0	124380,43	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Februari	7,7	B	285	7,28	221,14	1,12	6,47	1,10	7,42	6,13	10,78	598812	89532,51	103370,13	fully developed	2,88	8,94
Maret	4,1	TG	150	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	0	55676,11	0,00	fetch limited	0,00	0,00
April	3,1	BL	330	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	463183	41035,64	112428,12	fully developed	0,62	4,16
Mei	3,6	B	283	3,40	475,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	598812	49862,78	125640,54	fully developed	0,89	4,98
Juni	3,6	BL	320	3,40	475,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	463183	49862,78	105869,58	fully developed	0,89	4,98
Juli	4,1	TL	60	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	0	55676,11	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Agustus	4,6	U	10	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	235007	61160,29	62915,69	fully developed	1,34	6,10
September	5,1	BL	320	4,85	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	7,99	463183	66348,10	96254,39	fully developed	1,58	6,62
Oktober	5,1	B	260	4,85	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	7,99	598812	66348,10	114229,72	fully developed	1,58	6,62
November	4,6	B	290	4,37	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	598812	61160,29	117372,26	fully developed	1,34	6,10
Desember	6,2	BL	300	5,82	276,42	1,11	5,26	1,10	5,78	7,99	9,65	463183	76052,09	91972,85	fully developed	2,08	7,59
	9,3			8,7313	552,84	1,12	9,7015	1,1	10,6716	11,924	14,971	124380,43	125640,54			2,88	8,94

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara

TL = Timur laut

TG = Tenggara

S = Selatan

BD = Barat daratan

T = Timur

BL = Barat laut

Tabel 12. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2017

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U ₁₀ (m/dtk)	t ₁ (dtk)	RL	U ₅₀₀ (m/dtk)	R _T (m/dtk)	U _s (m/dtk)	U _w (m/dtk)	U _A (m/dtk)	Fetch (m)	td (dtk)	tc (dtk)	Klasifikasi gelombang	H (m)	T (detik)
Januari	5,7	BD	5,34	301,55	1,10	4,85	1,10	5,33	7,57	8,56	364009	71125,08	80093,17	fully developed	1,82	7,10
Februari	5,7	B	5,34	301,55	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	598812	55676,11	102048,60	fully developed	1,11	5,56
Maret	4,1	BL	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	463183	55676,11	102048,60	fully developed	1,11	5,56
April	3,6	BL	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	463183	49862,78	105869,58	fully developed	0,89	4,98
Mei	3,6	U	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	235003	49862,78	67347,79	fully developed	0,89	4,98
Juni	2,6	BD	2,43	663,41	1,06	2,30	1,10	2,53	4,29	4,26	364009	35406,65	101058,95	fully developed	0,45	3,53
Juli	6,7	BL	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	463183	80975,65	90069,67	fully developed	2,36	8,08
Agustus	3,1	BD	2,91	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	364009	41635,64	95744,68	fully developed	0,62	4,16
September	3,6	TL	3,40	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	0	49862,78	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Oktober	6,7	T	6,31	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	0	80975,65	0,00	fetch limited	0,00	0,00
November	4,1	S	3,88	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	0	55676,11	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Desember	4,6	BL	4,37	368,36	1,09	3,01	1,10	4,41	6,70	7,36	463183	61160,29	98902,41	fully developed	1,34	6,10
	6,7		6,306	663,41	1,11	5,664	1,11	6,23089	8,4117	9,7469		80975,647	105869,583		2,36	8,08

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara TG = Tenggara B = Barat
TL = Timur laut S = Selatan BD = Barat darata
T = Timur BL = Barat laut

Tabel 13. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2018

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U ₁₀ (m/dtk)	t _i (dtk)	RL	U _{500h} (m/dtk)	R _r	U _s (m/dtk)	U _w (m/dtk)	U _A (m/dtk)	Fetch (m)	td (dtk)	te (dtk)	Klasifikasi gelombang	H (m)	T (detik)
Januari	5,1	B	280	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	7,99	598812	66348,10	114229,72	fully developed	1,58	6,62
Februari	6,2	BL	300	276,42	1,11	5,26	1,10	5,78	7,99	9,15	463183	76052,09	91972,85	fully developed	2,08	7,59
Maret	4,6	B	280	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	598812	61160,29	117372,26	fully developed	1,34	6,10
April	3,1	BL	320	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	463183	41635,64	112428,12	fully developed	0,62	4,16
Mei	4,6	TL	90	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	0	61160,29	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Juni	2,1	BD	208	829,26	1,05	1,85	1,10	2,04	3,63	3,47	364000	28800,03	108260,98	fully developed	0,30	2,87
Juli	2,6	TL	80	663,41	1,06	2,30	1,10	2,53	4,29	4,26	0	35406,65	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Agustus	2,6	S	202	663,41	1,06	2,30	1,10	2,53	4,29	4,26	0	35406,65	0,00	fetch limited	0,00	0,00
September	3,1	TG	145	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	0	41635,64	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Oktober	3,1	TG	150	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	0	41635,64	0,00	fetch limited	0,00	0,00
November	5,7	TL	30	401,55	1,10	4,85	1,10	5,33	7,57	8,56	0	71125,08	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Desember	5,7	BL	300	301,55	1,10	4,85	1,10	5,33	7,57	8,56	463183	71125,08	94049,35	fully developed	1,82	7,10
	6,2			829,26	1,01	5,26	1,10	5,78	7,99	9,15		76052,09			2,08	7,59

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara

TG = Tenggara

B = Barat

TL = Timur laut

S = Selatan

BD = Barat daratan

T = Timur

BL = Barat laut

Tabel 14. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2019

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U_{10} (m/dtk)	t_1 (dtk)	RL	U_{50m} (m/dtk)	R_f	U_s (m/dtk)	U_w (m/dtk)	U_A (m/dtk)	Fetch (m)	t_d (dtk)	t_c (dtk)	Klasifikasi gelombang	H (m)	T (detik)
Januari	6,2	B	270	276,42	1,11	5,26	1,10	5,78	7,99	9,15	598812	76052,09	109148,62	fully developed	2,08	7,59
Februari	4,6	BL	300	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,76	7,36	463183	61160,29	98902,41	fully developed	1,34	6,10
Maret	6,7	B	290	255,16	1,11	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	598812	80975,65	106890,02	fully developed	2,36	8,08
April	3,6	BL	320	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	463183	49862,78	105869,58	fully developed	0,89	4,98
Mei	3,1	TL	40	652,94	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	0	41635,64	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Juni	2,6	BD	212	663,41	1,06	2,30	1,10	2,53	4,29	4,26	364009	35406,65	101058,95	fully developed	0,45	3,53
Juli	3,1	S	193	552,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,01	0	41635,64	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Agustus	4,6	U	5	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	235007	61160,29	62915,69	fully developed	1,34	6,10
September	2,6	BD	224	663,41	1,06	2,30	1,10	2,53	4,29	4,26	364009	35406,65	101058,95	fully developed	0,45	3,53
Oktober	6,2	BD	220	276,42	1,11	5,26	1,10	5,78	7,99	9,15	564009	76052,09	78324,81	fully developed	2,08	7,59
November	3,6	BD	235	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	364009	49862,78	90159,37	fully developed	0,89	4,98
Desember	4,6	B	290	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	598812	61160,29	117372,26	fully developed	1,34	6,10
	6,7			663,41	1,07	5,66	1,10	6,23	8,41	9,75	80975,65	80975,65	117372,26		2,36	8,08

sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara

TL = Timur laut

T = Timur

TG = Tenggara

S = Selatan

BL = Barat laut

B = Barat

BD = Barat daratan

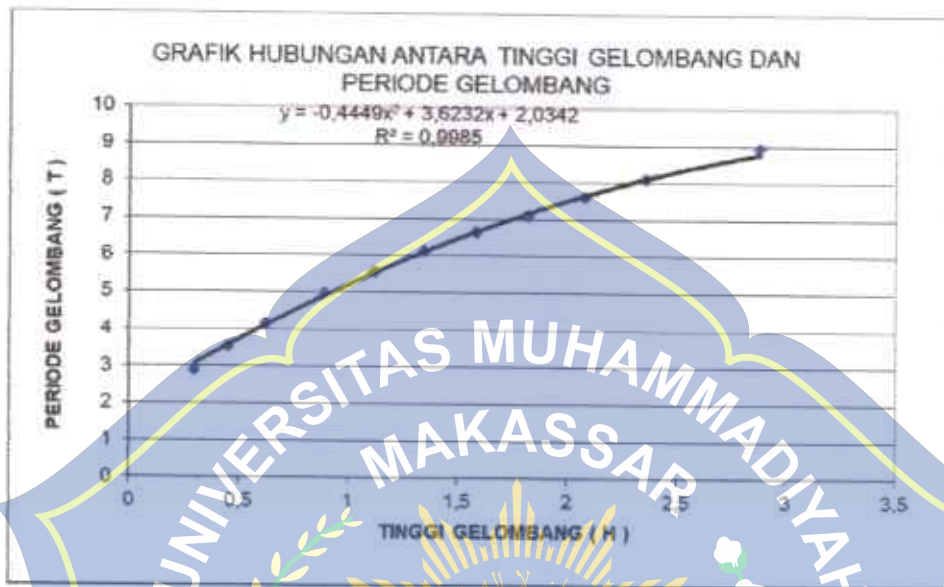
Tabel 15. Hasil hitungan parameter gelombang tahun 2020

Bulan	Kecepatan (m/s)	Arah (°)	U ₁₀ (m/dtk)	t ₁ (dtk)	RL	U ₁₆₀₀ (m/dtk)	R _T	U _s (m/dtk)	U _w (m/dtk)	U _A (m/dtk)	Fetch (m)	td (dtk)	tc (dtk)	Klasifikasi gelombang	H (m)	T (detik)
Januari	4,6	BL	295	368,56	1,09	4,01	1,10	4,41	6,70	7,36	463183	61160,29	98962,41	fully developed	1,34	6,10
Februari	5,7	TL	130	301,55	1,10	4,03	1,10	5,23	7,57	8,56	0	71125,08	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Maret	5,1	B	290	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	7,99	598812	66348,10	114229,72	fully developed	1,58	6,62
April	8,7	S	160	196,12	1,13	7,27	1,10	7,99	10,03	12,11	0	100581,02	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Mei	3,6	BL	300	473,86	1,07	3,16	1,10	3,48	5,67	6,00	463183	49862,78	105869,58	fully developed	0,89	4,98
Juni	4,1	TL	50	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	0	55676,11	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Juli	2,6	B	260	663,41	1,06	2,30	1,10	2,53	4,29	4,26	598812	35406,65	140829,52	fully developed	0,45	3,53
Agustus	4,1	TL	50	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	0	55676,11	0,00	fetch limited	0,00	0,00
September	5,1	TL	120	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	7,99	0	66348,10	0,00	fetch limited	0,00	0,00
Oktober	4,1	BL	300	414,63	1,08	3,59	1,10	3,95	6,20	6,70	463183	55676,11	102048,60	fully developed	1,11	5,56
November	3,1	B	280	562,84	1,07	2,73	1,10	3,01	4,90	5,00	598812	41635,64	133423,88	fully developed	0,62	4,16
Desember	5,1	B	280	331,70	1,09	4,43	1,10	4,87	7,15	7,99	598812	66348,10	114229,72	fully developed	1,58	6,62
	8,7			663,41	1,07	7,27	1,10	7,99	10,03	12,11	0	100581,02	140829,516		1,58	6,62

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : U = Utara TG = Tenggara B = Barat
TL = Timur laut S = Selatan BD = Barat daratan
T = Timur BL = Barat laut

Dari hasil perhitungan metode hindcasting 5 tahun terakhir maka dibuatkan grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang untuk memperoleh periode maksimum berdasarkan perubahan kedalaman.



Gambar 28. Grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang

Tabel 16. Persentasi kejadian tinggi gelombang dan periode gelombang berdasarkan arah datangnya di lokasi studi

Arah	Jumlah data	Persentase Kejadian (%)
Utara (U)	3	7,32
Barat Daya (BD)	8	19,51
Barat (B)	14	34,15
Barat Laut (BL)	16	39,02
Total	41	100

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 29. Mawar gelombang di Perairan Tamasaju dari tahun 2016 Sampai 2020

Dari hasil analisis tinggi gelombang dan periode gelombang, bahwa persentasi kejadian tinggi dan periode gelombang yang paling sering terjadi adalah dari arah barat laut (39,02%), disusul masing-masing Barat (34,15%), lalu arah barat daya (19,51%) dan arah utara (7,32%). Serta ketinggian gelombang maksimum terjadi dari arah Barat dengan ketinggian gelombang 2,88 m dengan priode 8,94 detik terjadi pada tahun 2016 bulan februari dengan kecepatan angin 7,7 m/detik.

D. Peramalan Gelombang Dengan Periode Ulang

Ada dua metode yang bisa digunakan dalam menentukan suatu tinggi tinggi gelombang yang representatif dengan kala ulang tertentu.

Metode yang dimaksud adalah distribusi Fisher-Tippet Tipe I dan distribusi Weibull. Dalam studi ini digunakan metode *Fisher-Tippett type I*.

Langkah-langkah dalam perhitungan perkiraan tinggi gelombang adalah sebagai berikut :

Menentukan probabilitas bahwa $H(m)$ tidak dilampaui

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{NT+0,12}$$

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{1-0,44}{60+0,12} = 0,991 \text{ (kolom 3)}$$

Menentukan distribusi *Fisher-Tippett type I*.

$$y_m = -\ln \{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\}$$

$$y_m = -\ln \{-\ln 0,991\} = 4,671 \text{ (kolom 4)}$$

Menentukan nilai-nilai untuk analisis regresi linier.

$$H_{sm} \times y_m = 2,88 \times 4,671 = 13,456 \text{ (kolom 5)}$$

$$y_m^2 = 4,671^2 = 21,823 \text{ (kolom 6)}$$

$$(H_{sm} - H_p)^2 = (2,88 - 0,876)^2 = 4,029 \text{ (kolom 7)}$$

$$\hat{H}_{sm} = \hat{A} y_m + \hat{B} = (0,604 \times 4,671) + 0,529 = 3,35 \text{ (kolom 8)}$$

$$H_{sm} - \hat{H}_{sm} = 2,88 - 3,55 = -0,47 \text{ (kolom 9)}$$

Dengan menggunakan data H_{sm} dan y_{sm} , selanjutnya dihitung parameter A dan B dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} \\
 &= \frac{60 \cdot 85,813 - 52,39 \cdot 34,163}{60 \cdot 112,128 - 1167,1} \\
 &= 0,604
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= 0,873 - 0,60 \cdot 0,57 \\
 &= 0,53
 \end{aligned}$$

Jadi persamaan regresi yang di peroleh adalah

$$H_{sr} = A y_r + B = 706 y_r + 1,981$$

$$Y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{L T_r} \right) \right\} = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{1,5} \right) \right\}$$

$$= 0,367$$

$$H_{sr} = 0,604 \times 0,367 + 0,53$$

$$= 0,751$$

Dengan :

H_{sr} = tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r = periode ulang

L = rerata jumlah kejadian per tahun

Tabel 17. Hitungan gelombang dengan periode ulang.

No. urut m	H_{sm} (m)	P	y_m	$H_{sm} - y_m$	y_m^2	$(H_{sm} - H_r)^2$	H_{sm}	$H_{sm} - H_{sm}$
1	2,88	0,991	4,671	13,456	21,823	4,029	3,35	-0,47
2	2,36	0,974	3,639	8,573	13,239	2,199	2,73	-0,37
3	2,36	0,957	3,135	7,386	9,826	2,199	2,42	-0,07

5	2,08	0,924	2,540	5,279	6,451	1,452	2,06	0,01
6	2,08	0,908	2,333	4,848	5,441	1,452	1,94	0,14
7	2,08	0,891	2,158	4,485	4,658	1,452	1,83	0,25
8	1,82	0,874	2,007	3,648	4,028	0,892	1,74	0,08
9	1,82	0,858	1,873	3,405	3,510	0,892	1,66	0,16
10	1,58	0,841	1,753	2,774	3,074	0,502	1,59	-0,01
11	1,58	0,824	1,644	2,601	2,704	0,502	1,52	0,06
12	1,58	0,808	1,544	2,442	2,384	0,502	1,46	0,12
13	1,58	0,791	1,451	2,295	2,105	0,502	1,41	0,18
14	1,58	0,774	1,364	2,158	1,861	0,502	1,35	0,23
15	1,34	0,758	1,283	1,224	1,645	0,222	1,30	0,04
16	1,34	0,741	1,206	1,620	1,454	0,222	1,26	0,09
17	1,34	0,725	1,133	1,522	1,283	0,222	1,21	0,13
18	1,34	0,708	1,063	1,429	1,130	0,222	1,17	0,17
19	1,34	0,691	0,996	1,339	0,993	0,222	1,13	0,21
20	1,34	0,675	0,933	1,253	0,870	0,222	1,09	0,25
21	1,34	0,658	0,871	1,171	0,759	0,222	1,06	0,29
22	1,34	0,641	0,812	1,091	0,659	0,222	1,03	0,32
23	1,11	0,625	0,754	0,840	0,569	0,058	0,98	0,13
24	1,11	0,608	0,698	0,778	0,488	0,058	0,95	0,16
25	1,11	0,591	0,644	0,717	0,415	0,058	0,92	0,20
26	0,89	0,575	0,591	0,528	0,350	0,000	0,89	0,01
27	0,89	0,558	0,540	0,482	0,291	0,000	0,86	0,04
28	0,89	0,542	0,489	0,437	0,239	0,000	0,82	0,07
29	0,89	0,525	0,439	0,393	0,193	0,000	0,79	0,10
30	0,89	0,508	0,391	0,349	0,153	0,000	0,77	0,13
31	0,89	0,492	0,343	0,306	0,117	0,000	0,74	0,16
32	0,89	0,475	0,295	0,264	0,087	0,000	0,71	0,19
33	0,62	0,458	0,248	0,155	0,062	0,063	0,68	-0,06
34	0,62	0,442	0,202	0,126	0,041	0,063	0,65	-0,03

35	0,62	0,425	0,156	0,097	0,024	0,063	0,62	0,00
36	0,62	0,409	0,111	0,069	0,012	0,063	0,60	0,03
37	0,45	0,392	0,065	0,029	0,004	0,179	0,57	-0,12
38	0,45	0,375	0,020	0,009	0,000	0,179	0,54	-0,09
39	0,45	0,359	-0,025	-0,011	0,001	0,179	0,51	-0,06
40	0,45	0,342	-0,070	-0,032	0,005	0,179	0,49	-0,04
41	0,30	0,325	-0,116	-0,035	0,013	0,331	0,46	-0,16
42	0,00	0,309	-0,162	0,000	0,026	0,762	0,43	-0,43
43	0,00	0,292	-0,208	0,000	0,043	0,762	0,40	-0,40
44	0,00	0,275	-0,254	0,000	0,065	0,762	0,38	-0,38
45	0,00	0,259	-0,301	0,000	0,091	0,762	0,35	-0,35
46	0,00	0,242	-0,349	0,000	0,122	0,762	0,32	-0,32
47	0,00	0,226	-0,398	0,000	0,159	0,762	0,29	-0,29
48	0,00	0,209	-0,448	0,000	0,201	0,762	0,26	-0,26
49	0,00	0,192	-0,500	0,000	0,250	0,762	0,23	-0,23
50	0,00	0,176	-0,553	0,000	0,306	0,762	0,19	-0,19
51	0,00	0,159	-0,609	0,000	0,371	0,762	0,16	-0,16
52	0,00	0,142	-0,667	0,000	0,445	0,762	0,13	-0,13
53	0,00	0,126	-0,729	0,000	0,532	0,762	0,09	-0,09
54	0,00	0,109	-0,795	0,000	0,633	0,762	0,05	-0,05
55	0,00	0,092	-0,867	0,000	0,752	0,762	0,01	-0,01
56	0,00	0,076	-0,947	0,000	0,898	0,762	-0,04	0,04
57	0,00	0,059	-1,039	0,000	1,080	0,762	-0,10	0,10
58	0,00	0,043	-1,149	0,000	1,321	0,762	-0,17	0,17
59	0,00	0,026	-1,295	0,000	1,677	0,762	-0,25	0,25
60	0,00	0,009	-1,542	0,000	2,379	0,762	-0,40	0,40
Jumlah	52,391	30,000	34,163	85,813	112,128	36,266	52,391	
Rata-rata	0,873	0,500	0,569	1,430	1,869	0,604		

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari table di atas, didapat beberapa parameter yaitu :

$$N = 60$$

$$K = 60$$

$$N_T = 60$$

$$H_{sm} = 0,873$$

$$v = 60/60 = 1$$

$$y_m = 0,569$$

Dari tabel “koefisien untuk menghitung deviasi standar” (buku teknik pantai, Bambang Triatmodjo, hal 143), di dapatkan nilai- nilai sebagai berikut

$$\alpha_1 = 0,64 \quad e = 1,3$$

$$\alpha_2 = 9 \quad c = 9$$

$$k = 0,93,$$

Sehingga :

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3+k\sqrt{-\ln 1}}} = 0,64 \times e^{9 \times 60^{-1,3+0,93\sqrt{-\ln 1}}}$$

$$\alpha = 0,669$$

Deviasi standar data tinggi gelombang signifikan

$$\sigma_{H_s} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - H_{sm})^2 \right]^{1/2} = \left[\frac{1}{60-1} \times 36,266 \right]^{0,5}$$

$$= 0,784$$

Setelah itu kita menghitung standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang (σ_{nr})

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[1 + \alpha (v_r - c + \epsilon \ln v)^2 \right]^{1/2}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{60}} \left[1 + 0,669 (0,367 - 0 + 1,3 \ln 1)^2 \right]^{1/2}$$

= 0,135

Besaran dari deviasi standard dari tinggi gelombang signifikan (σ_r) dihitung dengan menggunakan rumus

$\sigma_r = \sigma_{mr} \sigma_{Hs} = 0,135 \times 0,784$
 $= 0,106$

Tabel 18. Tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu

Periode ulang (tahun)	y_r (tahun)	H_{mr} (m)	σ_{mr}	σ_r	$H_s - 1,28\sigma_r$ (m)	$H_s + 1,28\sigma_r$ (m)
2	0,367	0,751	0,135	0,106	0,615	0,886
5	1,500	1,435	0,204	0,160	1,230	1,640
10	2,250	1,889	0,270	0,212	1,617	2,160
25	3,199	2,461	0,362	0,283	2,099	2,824
50	3,902	2,886	0,432	0,338	2,453	3,319

Sumber : Hasil Perhitungan

E. Pasang Surut

Pengamatan data pasang surut yang dilakukan selama 15 hari di pantai Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar, dengan interval pengambilan data setiap 1 jam. Kemudian data pasang surut tersebut diolah untuk memperoleh konstanta harmonis pasang surut daerah penelitian. Perhitungan konstanta harmonis pasang surut dilakukan dengan menggunakan metode Admiralty.

1. Skema I

Data yang akan diolah dikonversikan dahulu satuannya dari meter (m) ke centimeter (cm), dimana untuk tabel kearah kanan menunjukkan

waktu pengamatan (jam) yaitu dari pukul 08.00 samapai 07.00 dan tabel kearah bawah menunjukkan tanggal dilakukannya pengamatan yaitu 28 Juni – 12 Juli 2021. Adapun data yang telah di peroleh pada tabel berikut :



Tabel 19. Data pasang surut 15 hari interval 1 jam

No	Tanggal		Bacaan Shalat pada jam																								Jumlah Bacaan	Bacaan rata /hari
			08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07		
1	28	Juni 2021	159	150	149	140	132	124	120	115	110	109	101	92	89	85	80	78	89	105	115	138	157	179	169	162	2947	122,8
2	29	Juni 2021	160	153	146	138	130	128	124	117	113	110	107	94	90	85	77	80	90	102	117	137	154	175	160	158	2945	122,7
3	30	Juni 2021	155	147	140	135	128	126	115	110	108	112	109	106	103	102	111	98	92	100	110	120	125	136	142	144	2874	119,8
4	1	Juli 2021	152	148	140	129	120	110	107	103	100	98	106	108	104	103	94	89	87	80	92	100	110	134	142	141	2696	112,3
5	2	Juli 2021	142	145	138	118	115	103	96	93	86	91	94	98	98	93	88	83	81	79	71	60	90	117	129	140	2448	102,0
6	3	Juli 2021	143	145	140	134	122	113	103	97	80	88	86	87	83	80	84	89	94	100	109	117	129	139	150	150	2673	111,4
7	4	Juli 2021	147	140	131	129	120	110	94	90	80	77	70	71	73	68	60	60	72	84	90	100	114	128	137	141	2387	99,5
8	5	Juli 2021	145	144	140	118	104	84	79	63	60	58	68	59	85	87	100	110	120	124	132	144	141	135	130	136	2582	106,8
9	6	Juli 2021	136	134	127	124	111	89	78	65	58	56	58	67	82	89	92	101	109	114	120	127	135	141	145	145	2502	104,3
10	7	Juli 2021	139	132	126	116	110	90	85	76	63	56	56	64	70	72	79	83	89	108	116	124	133	140	148	2441	101,7	
11	8	Juli 2021	145	136	127	120	113	103	87	86	78	70	62	56	50	80	69	76	87	94	104	120	134	142	149	151	2430	101,3
12	9	Juli 2021	155	150	140	138	127	113	107	98	92	80	72	66	64	70	92	106	128	140	162	174	182	180	174	2883	120,1	
13	10	Juli 2021	160	153	147	140	135	125	110	102	97	86	80	72	77	70	60	54	56	89	79	89	109	120	134	136	2485	102,7
14	11	Juli 2021	132	124	114	108	96	89	80	68	64	80	63	55	50	56	65	70	79	86	94	102	115	120	129	140	2149	89,5
15	12	Juli 2021	134	130	125	115	104	96	90	79	70	63	57	54	63	69	40	41	49	58	72	84	100	124	130	130	2038	84,9

2. Skema II

Penyusunan hasil perhitungan harga $X_1, Y_2, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4$ dan Y_4 , pengisian data tabel 20 dilakukan dengan bantuan tabel 20 yang mengalikan nilai pengamatan dengan harga pengali pada daftar 1 untuk setiap hari pengamatan. Karena pengali dalam daftar hanya berisi bilangan 1 dan -1 kecuali untuk X_4 ada bilangan 0 (nol) yang tidak dimasukkan dalam perkalian, maka lakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang harus dikalikan dengan 1 pada kolom bertanda (+) dibawah kolom $X_1, Y_2, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4$ dan Y_4 . Hal yang sama untuk pengali -1 pada kolom dibawah bertanda (-)

Tabel. 20. Konstanta pengali dalam menyusun skema 2

	Jam Pengamatan																							
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
X_1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Y_1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
X_2	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Y_2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X_4	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	0	-1	-1	0	1	1
Y_4	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1

Tabel 21. Penentuan X_1 pada tanggal 28 juni 2021

Jam	Data Pengamatan 28Juni2021 (dari Tabel I No.1)	Konstanta Pengali dari Tabel 2			Hasil Perkalian		
		0	+	-	+	0	-
00	159.00			-1.00			-159.00
01	150.00			-1.00			-150.00
02	149.00			-1.00			-149.00
03	140.00			-1.00			-140.00
04	132.00			-1.00			-132.00
05	124.00			-1.00			-124.00
06	120.00		1.00		120.00		
07	115.00		1.00		115.00		
08	110.00		1.00		110.00		
09	109.00		1.00		109.00		
10	101.00		1.00		101.00		
11	92.00		1.00		92.00		
12	89.00		1.00		89.00		
13	85.00		1.00		85.00		
14	80.00		1.00		80.00		
15	78.00		1.00		78.00		
16	89.00		1.00		89.00		
17	105.00		1.00		105.00		
18	115.00			-1.00			-115.00
19	138.00			-1.00			-138.00
20	157.00			-1.00			-157.00
21	179.00			-1.00			-179.00
22	169.00			-1.00			-169.00
23	162.00			-1.00			-162.00
Jumlah	2947.00				1173.00		1774.00

Tabel 22. Penentuan Y_1 pada tanggal 28 juni 2021

Jam	Data Pengamatan 28 Juni 2021 (dari Tabel 1 No.1)	Konstanta Pengali dari Tabel 2			Hasil Perkalian		
		0	+	-	+	0	-
00	159.00			-1.00			-159.00
01	150.00			-1.00			-150.00
02	149.00			-1.00			-149.00
03	140.00			-1.00			-140.00
04	132.00			-1.00			-132.00
05	124.00			-1.00			-124.00
06	120.00			-1.00			-120.00
07	115.00			-1.00			-115.00
08	110.00			-1.00			-110.00
09	109.00			-1.00			-109.00
10	101.00			-1.00			-101.00
11	92.00			-1.00			-92.00
12	89.00		1.00		89.00		
13	85.00		1.00		85.00		
14	80.00		1.00		80.00		
15	78.00		1.00		78.00		
16	89.00		1.00		89.00		
17	105.00		1.00		105.00		
18	115.00		1.00		115.00		
19	138.00		1.00		138.00		
20	157.00		1.00		157.00		
21	179.00		1.00		179.00		
22	169.00		1.00		169.00		
23	162.00		1.00		162.00		
Jumlah	2947.00				1446.00		1501.00

Demikianlah seterusnya Y_1, X_2, Y_2 , dst.

Tabel 23. Penyusunan Hasil Perhitungan dari Skema 2

Waktu			X_0		X_1		Y_1		X_2		Y_2		X_3		Y_3	
Tgl	Bln	Thn			+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
28	6	21	2947	1173	1774	1446	1501	1524	1423	1380	1567	966	1002	1467	1480	
29	6	21	2945	1189	1756	1425	1520	1515	1430	1379	1566	973	993	1473	1472	
30	6	21	2874	1266	1608	1383	1491	1507	1367	1437	1437	959	965	1446	1428	
1	7	21	2696	1178	1518	1276	1420	1469	1227	1356	1340	894	894	1353	1343	
2	7	21	2448	1083	1365	1127	1321	1371	1077	1278	1170	824	814	1203	1245	
3	7	21	2673	1081	1592	1324	1349	1375	1298	1328	1345	889	893	1320	1353	
4	7	21	2387	899	1488	1128	1259	1244	1143	1194	1193	810	780	1187	1200	
5	7	21	2562	1013	1549	1444	1118	1287	1275	1357	1205	844	860	1320	1242	
6	7	21	2502	968	1534	1399	1103	1272	1230	1307	1195	831	833	1243	1259	
7	7	21	2441	921	1520	1322	1119	1230	1211	1232	1209	820	806	1215	1226	
8	7	21	2430	886	1544	1236	1194	1217	1213	1180	1250	800	817	1207	1223	
9	7	21	2883	1039	1844	1545	1338	1393	1490	1347	1536	953	968	1421	1462	
10	7	21	2465	937	1528	1055	1410	1297	1168	1249	1216	828	815	1253	1212	
11	7	21	2149	785	1364	1104	1045	1106	1043	1068	1081	727	704	1053	1096	
12	7	21	2038	684	1354	921	1117	1069	969	905	1063	678	678	1016	1022	

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Skema III

Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y (Tabel 24). Proses ini merupakan untuk mengisi kolom-kolom pada skema-III, setiap kolom pada kolom-kolom skema-III merupakan penjumlahan dari perhitungan pada kolom-kolom skema II.

- a. Untuk X_0 (+) merupakan penjumlahan antara X_1 (+) dengan X_1 (-) tanpa melihat tanda (+) dan (-)
- b. Untuk X_1 , Y_2 , X_2 , Y_2 , X_3 , Y_3 , X_4 dan Y_4 merupakan penjumlahan tanda (+) dan (-), untuk mengisi hasilnya tidak ada negatif maka di tambahkan bilangan tertentu.

Tabel 24. Penyusunan hasil perhitungan dari skema 3

Waktu	X_0	X_1	Y_1	X_2	Y_2	X_4	Y_4
Tgl/Bln/Thn		+900	+800	+900	+800	+200	+300
28 Juni 2021	2947	299	745	1001	613	164	287
29 Juni 2021	2945	333	705	985	613	180	301
30 Juni 2021	2874	558	692	1040	800	194	318
1 Juli 2021	2696	560	656	1142	816	200	310
2 Juli 2021	2448	618	606	1194	908	210	258
3 Juli 2021	2673	389	775	977	783	196	267
4 Juli 2021	2387	311	669	1001	801	230	287
5 Juli 2021	2562	364	1126	912	952	184	378
6 Juli 2021	2502	334	1096	942	912	198	284
7 Juli 2021	2441	301	1003	919	823	214	289
8 Juli 2021	2430	242	842	904	730	183	284
9 Juli 2021	2883	95	1007	803	611	185	259
10 Juli 2021	2465	309	445	1029	833	213	341
11 Juli 2021	2149	321	859	963	787	223	257
12 Juli 2021	2038	230	604	1000	712	200	294
Jumlah	38440	5264	11830	14812	11694	2974	4414

Sumber: Hasil Perhitungan

4. Skema IV

Mengisi seluruh kolom-kolom pada skema-IV, diisi dengan data setelah penyelesaian skema-III dibantu dengan indeks kedua tabel 26. Arti indeks pada skema-IV :

- a. Indeks 00 untuk X berarti X_{00} , X_0 pada skema-III dan indeks 0 pada daftar kedua
- b. Indeks 00 untuk Y berarti Y_{00} , Y_0 pada skema-III dan indeks 0 pada daftar kedua

Nilai yang diisikan ini merupakan penjumlahan baris-baris dalam tiap kolom sesuai dengan konstribusi (+) dan (-) dan dinyatakan dalam tabel indeks kedua. Selanjutnya kolom X danY yang berada di paling kanan tabel diisikan dengan menjumlahkan masing-masing komponen pada tiap nilai harga X_{00} , X_{10} dan Y_{10} dst.

Tabel 25. Konstanta pengali untuk menghitung harga X_{00} , X_{10} dan Y_{10} .

Indeks kedua		0	2	b	c	4	D
Pengali untuk B (29 pntan)		-29	-1	0	-1	0	-1
Pengali untuk B (15 pntan)		-15	1	0	5	0	1
Waktu menengah	Konstanta untuk 29 pntan	1	1	0	-1	1	1
		1	1	-1	-1	1	-1
		1	1	-1	1	1	-1
		1	1	-1	1	-1	-1
		1	-1	-1	1	-1	1
		1	-1	-1	1	1	1
		1	-1	-1	-1	1	1
		1	-1	0	-1	1	0
		1	-1	-1	-1	1	-1
	Konstanta untuk 15 pntan	1	1	1	-1	-1	-1
		1	1	1	1	-1	-1
		1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1
		1	1	0	1	0	1
		1	1	-1	1	-1	-1
		1	1	-1	1	-1	-1
		1	1	-1	-1	-1	-1
		1	-1	-1	-1	-1	1
		1	-1	-1	-1	1	1

		1	-1	-1	-1	1	1	1
		1	-1	0	-1	1	1	0
		1	-1	1	1	1	1	-1
		1	-1	1	1	1	1	-1
		1	-1	1	1	-1	-1	-1
		1	1	1	1	-1	-1	1
		1	1	1	1	-1	-1	1
		1	1	1	-1	-1	1	1
		1	1	1	1	-1	-1	1
		1	1	0	-1	-1	1	0

Tabel 26. Penyusunan hasil perhitungan harga X dan Y indeks kedua dari Skema 4.

Indeks Tanda		Besarnya harga		$\bar{X}$	$\bar{Y}$
		X	Y		
00	+	38440		38440	
10	+	5264	11830	0	0
	-	13500	12000	-8236	-170
12	+	2559	6117	754	1204
	-	2705	5713	0	0
	+	900	800		
1b	+	2769	4103	1167	0
	-	1602	5252	0	-1149
13	+	1699	4669	2634	508
	-	3565	7161	0	0
	+	4500	4000		
1c	+	2738	4614	576	0
	-	2162	6090	0	-1476
20	+	14812	11694	1312	0
	-	13500	12000	0	-306
22	+	6849	5909	0	924
	-	7963	5785	-214	0
	+	900	800		
2b	+	6339	4721	779	25
	-	5560	4696	0	0
23	+	4751	4271	0	848
	-	10061	7423	-810	0
	+	4500	4000		
2c	+	7306	5640	712	538
	-	6594	5102	0	0

42	+	1415	2047	56	0
	-	1559	2367	0	-20
	+	200	300		
4b	+	1210	1741	0	27
	-	1216	1714	-6	0
44	+	1379	2088	0	62
	-	1595	2326	-16	0
	+	200	300		
4d	+	1257	1669	88	0
	-	1169	1786	0	-117

Sumber: Hasil Perhitungan

$$00_{(+)} = \sum X_0$$

$$10_{(+)} = \sum X_1$$

$$10_{(-)} = \text{Multipliers} \times \text{datum} = 15 \times 900 = 13500$$

$$12_{(+)} = \sum_{8 \text{ juli}}^{2 \text{ juli}} X_1 = 2559$$

$$12_{(-)} = \sum_{1 \text{ juli}}^{28 \text{ juni}} X_1 + \sum_{12 \text{ juli}}^{9 \text{ juli}} X_1 = 2705$$

$$12_{(-)} = \text{Multipliers} \times \text{datum} = 15 \times 800 = 12000$$

$$\text{Untuk kolom } \bar{X} \text{ dan } \bar{Y} = X_{10} = X_{10(+)} - X_{10(-)} = -8236$$

$$Y_{10} = Y_{10(+)} - Y_{10(-)} = -170$$

5. Skema V dan VI

Kolom kiri diisi dengan nilai yang dihitung berdasarkan persamaan yang tertulis. Selanjutnya kolom kanan diisi dengan mengalikan nilai-nilai di kolom kiri dengan faktor yang terdapat pada tabel 28.

Tabel 27. Harga pengali untuk 15 piantan (15 hari)

		S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4
Untuk Skema 5 harga P.R.Cos r	X_{00}	1							
	X_{10}	0,01	0,01	0,01	0,03	1	-0,1	0,01	
	$X_{12} - Y_{1b}$	-	0,02	0,01	-0,09	-0,09	1	-0,02	0,02
	$X_{13} - Y_{1c}$	-	0,04	0,07	0,13	0,2	-0,6	0,03	
	X_{20}	-	0,01	0,15	1	0,29	0,01	0,02	
	$X_{22} - Y_{2b}$	0,01	1	0,14	-0,61	-0,02	-0	0,03	-0
	$X_{23} - Y_{2c}$	-	0,02	0,65	0,25	1	0,03	-0,05	-0
	$X_{42} - Y_{4b}$	-	0,01	0,01	0,01			0,1	1
	$X_{44} - Y_{4d}$	-	0,01	0,01	0,02			1,01	-0,1
	Y_{10}			0,01	0,02	1,01	-0,1	0,01	0,01
Untuk Skema 6 harga P.R.Sin r	$Y_{12} + X_{1b}$		0,05	0,01	-0,05	-0,12	1,05	-0,03	0,01
	$Y_{13} + X_{1c}$		0,02	0,02	0,09	0,24	-0,7	0,04	0,02
	Y_{20}		0,16	1	0,3	-0,01	0,02	-0,03	-0
	$Y_{22} + X_{2b}$		1,04	0,15	-0,64	0,02	-0,1	0,04	-0
	$Y_{23} + X_{2c}$		-0,7	0,26	1,03	-0,03	0,09	-0,07	-0
	$Y_{42} + X_{4b}$		0,02					0,11	1
	$Y_{44} + X_{4d}$		0,03	0,01	0,05			1	-0,1
Skema 7	-P	360	175	214	166	217	177	273	280
Skema 7	Konstanta P		333	345	327	173	160	307	318

Tabel 28. Penyusunan hasil perhitungan besaran X dan Y dari konstanta-konstanta pasut untuk 15 piantan yang diperoleh dari Skema 5 dan 6.

Lokasi	: Tamasaju		Waktu menengah		: 5 Juli 2021			
Lintang	: 50 17' 09" LS		Waktu standar		: GMT + 8 jam			
Bujur	: 19° 22' 24" BT							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_{00} = 38440$	38440	0	0	0	0	0	0	0
$X_{10} = -8236$	-82.36	82.36	-82.36	-247.08	-8236	576.52	-82.36	0
$X_{12} - Y_{1b} = 1903$	-38.06	171.27	-19.03	-171.27	-171.27	1903	-38.06	38.06
$X_{13} - Y_{1b} = 4110$	164.4	-287.7	41.1	534.3	822	-2424.9	123.3	0
$X_{20} = 1312$	-13.12	-196.8	13.12	380.48	13.12	0	26.24	0
$X_{22} - Y_{2b} = -239$	-2.39	-239	33.46	145.79	4.78	7.17	-7.17	2.39
$X_{23} - Y_{2b} = -1348$	26.96	876.2	-337	-1348	-40.44	0	67.4	13.48
$X_{42} - Y_{4b} = 29$	0	0.29	0	0.29	0	0	2.9	29
$X_{44} - Y_{4b} = 101$	0	-1.01	1.01	2.02	0	0	102.01	-5.05
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Y_{10} = -170$	0	0.00	1.7	-3.4	-171.7	13.6	-1.7	-1.7
$Y_{12} + X_{1b} = 2371$	0	118.55	23.71	-118.55	-284.52	1489.55	-71.13	23.71
$Y_{13} + X_{1b} = 2084$	0	41.68	-41.68	182.56	500.16	-1254.6	83.36	41.68
$Y_{20} = -306$	0	48.96	-306	-91.8	3.06	-6.12	9.18	3.06
$Y_{22} + X_{2b} = 1703$	0	1771.12	-255.45	-1089.9	34.06	-170.3	68.12	-34.06
$Y_{23} + X_{2b} = 1560$	0	-1092.00	405.6	1606.8	-46.8	140.4	-109.2	-46.8
$Y_{42} + X_{4b} = -26$	0	-0.52	0	0	0	0	-2.86	-26
$Y_{44} + X_{4b} = 150$	0	-4.50	1.5	7.5	0	0	150	-9
Skema 5	38495.4	405.61	949.18	-703.47	-7607.8	61.79	194.26	77.88
Skema 6	0	799.93	-170.62	498.19	34.26	1112.53	125.77	-49.11
	S_0	M_0	S_2	N_2	K_1	O_1	M_1	MS_2

6. Skema VII

Langkah selanjutnya adalah mengisi tabel-tabel bantuan dari hari tengah. Diantara tabel bantuan tersebut adalah tabel hari tengah, tabel menghitung (s, h, p, P^2 , N), tabel menghitung f, tabel menghitung V, tabel menghitung u, tabel menghitung W dan tabel menghitung w dan W+1.

Adapun langkah perhitungan pada skema-VII sebagai berikut:

- Baris 1 untuk $V: PR \cos r$, merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom skema-V (tabel 2) untuk masing-masing kolom.

- b. Baris 2 untuk VI:PR sin r, merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom, skema VI untuk masing-masing kolom.
- c. Baris 3 untuk PR dicari dengan rumus :

$$PR = \sqrt{(PR \sin r)^2 + (PR \cos r)^2}$$

- d. Baris 4 untuk P didapat dari tabel 25 untuk masing-masing S0, M2, S2, N2, K1, O1, M4, dan MS4.
- e. Baris 5 untuk f didapatkan dari daftar (table node factor f) atau dengan menggunakan perhitungan berikut ini. Dapatkan nilai s, h, p, dan N dari persamaan berikut.

Y = Tahun dari tanggal tengah pengamatan

$$= 2021$$

D = Tahun hari yang berlalu dari jam 00.00 pada tanggal 1 januari tahun tersebut sampai jam 00.00 tanggal pertengahan pengamatan.

$$= (\text{Januari } 31) + (\text{Februari } 28) + (\text{Maret } 31) + (\text{April } 30) + (\text{Mei } 31) \\ + (\text{Juni } 30) + 5 = 186$$

$$I = \text{Bagian integral tahun} / \text{Total kabisat dari tahun } 1900 = \frac{1}{4} (Y - 1901)$$

$$= \frac{1}{4} (2021 - 1901)$$

$$= 30$$

Setelah didapat nilai Y, D dan I maka,

$$T = (365 \times (Y - 1900) + (D - I)) / 36525$$

$$= 3.36$$

Setelah didapatkan nilai T , dilanjutkan dengan menghitung nilai s , h , p , p' ,

N

$$s = 277,025 + (481267.89 \times T) + (0.0011 \times T^2) = 4492,464$$

$$h = 280,190 + (36000.77 \times T) + (0.0003 \times T^2) = 336,786$$

$$p = 334,385 + (4069.04 \times T) + (0.0103 \times T^2) = 38,907$$

$$N = 259,157 + 19,32818 + (0.0021 \times T^2) = 18,772$$

$$P' = 281.22 + (1.72 \times T) + (0.0005 \times T^2) = 0,789$$

Membuat tabel pembantu sebagai berikut

Tabel 29. Tabel pembantu nilai s , h , p , N , p'

		trunc (h)	h (deg)	h (rad)
s	1617287.14	4492.464	167.140	2.917
h	121242.78	336.786	282.780	4.935
p	14006.48	38.907	326.480	5.698
N	6757.89	18.772	277.890	4.850
p'	287.14	0.798	287.140	5.012

Sumber : Hasil Perhitungan

Dimana;

$$\text{Trunc (h)} = \text{Nilai } s / 360$$

$$h(\text{deg}) = (\text{trunc (h)} - \text{INT}(\text{trunc (h)})) * 360$$

$$h(\text{deg}) = (((\text{trunc (h)} - \text{INT}(\text{trunc (h)})) * 360) / (180 / \text{PI}()))$$

Perhitungan nilai f

Dimana: N = Nilai N kolom $h(\text{rad})$ yang terdapat pada tabel pembantu

$$fM_2 = 1,0004 - 0,0373 \cos N + 0,0002 \cos 2N$$

$$= 0.995$$

$$\begin{aligned} fK_2 &= 1,0241 + 0,286 \cos N + 0,0083 \cos 2N - 0,0015 \cos 3N \\ &= 1,055 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} fO_1 &= 1,0089 + 0,1871 \cos N + -0,0147 \cos 2N + 0,0014 \cos 3N \\ &= 1,074 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} fK_1 &= 1,0060 + 0,1150 \cos N - 0,0088 \cos 2N + 0,0006 \cos 3N \\ &= 1,031 \end{aligned}$$

$$fS_2 = 1 \text{ (Tetap)}$$

$$fP_1 = 1 \text{ (Tetap)}$$

$$fN_2 = fM_2$$

$$\begin{aligned} fM_4 &= (fM_2)^3 \\ &= 0,990 \end{aligned}$$

$$fMS_4 = fM_2$$

f. Baris 6 untuk $(1+W)$, diperoleh dari kolom-kolom pada skema-VIII.

g. Baris 7 untuk V diperoleh dari persamaan berikut.

Nilai V :

Dimana: h = Nilai kolom h (deg) yang terdapat pada tabel pembantu

s = Nilai kolom s (deg) yang terdapat pada tabel pembantu

$$\begin{aligned} V M_2 &= -2s + 2h \\ &= 231,28 \end{aligned}$$

Karena nilainya terlalu besar maka diusahakan nilainya menjadi kecil dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360. Maka menghasilkan = 51,28

$$\begin{aligned} V K_1 &= h + 90 \\ &= 282,780 \end{aligned}$$

Karena nilainya terlalu besar maka diusahakan nilainya menjadi kecil dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360. Maka menghasilkan = 102,780

$$\begin{aligned} V O_1 &= -2s + h + 270 \\ &= 218,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V K_2 &= 2h \\ &= 565,560 \end{aligned}$$

Karena nilainya terlalu besar maka diusahakan nilainya menjadi kecil dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360. Maka menghasilkan = 51,28

$$V S_2 = 0 \text{ (Tetap)}$$

$$\begin{aligned} V M_4 &= 2 (V M_2) \\ &= 102,560 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V M_4 &= V M_2 = -2s + 2h \\ &= 231,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V N_2 &= -3s + h + p \\ &= 390,620 \end{aligned}$$

Karena nilainya terlalu besar maka diusahakan nilainya menjadi kecil dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360. Maka menghasilkan = 30,62

h. Baris 8 untuk nilai u diperoleh dari daftar atau berdasarkan persamaan berikut:

Nilai u :

Dimana: N = Nilai N kolom h (rad) yang terdapat pada tabel pembantu

$$u_{M_2} = -2,14 \sin N$$

$$= 2,120$$

$$u_{K_2} = -17,74 \sin N + 0,68 \sin 2N - 0,4 \sin 3N$$

$$= 16,860$$

$$u_{K_1} = -8,86 \sin N + 0,668 \sin 2N - 0,7 \sin 3N$$

$$= 8,527$$

$$u_{O_1} = 10,80 \sin N - 1,34 \sin 2N + 0,19 \sin 3N$$

$$= -8,593$$

$$u_{S_2} = 0 \text{ (Tetap)}$$

$$u_{P_1} = 0 \text{ (Tetap)}$$

$$u_{M_4} = 2 (u_{M_2})$$

$$= 4,239$$

$$u_{MS_4} = u_{M_2}$$

$$u_{N_2} = u_{M_2}$$

i. Baris 9 untuk w diperoleh dari skema-VIII.

j. Baris 10 untuk p (konstanta p) diisi dengan harga p pada daftar tabel harga pengali untuk 15 piantan sesuai kolom masing-masing.

- k. Baris 11 untuk r ditentukan dari $r = \arctan \frac{PR \sin r}{PR \cos r}$
- l. Baris 12 untuk g ditentukan dari : $g = V + u + w + p + r$
- m. Baris 13 untuk $g^a = g \times 360^0$, maksudnya untuk mencari harga kelipatan 360⁰ terhadap g, besaran tersebut diisikan pada baris 13
- n. Baris 14 untuk A ditentukan dengan rumus $A \frac{PR}{Pf (1+w)}$

Perhitungan besaran-besaran w dan (1+W) untuk S₂, MS₄, K₁ dan N₂

Tabel 30. Hasil perhitungan w dan (1+W) untuk S₂, MS₄ dan K₁

w dan (1+W) untuk S ₂ , MS ₄			
VII :	K2 V	=	205,560
VII :	K2 u	=	16,862
Jumlah	V + u	=	222,422
S ₂	w/f	=	-14,36
	W/f	=	-0,12
K2	F	=	1,055
	W	=	-15,16
	W	=	-0,12
	1+W	=	0,88
w dan (1+W) untuk K ₁			
VII :	K1: 2V	=	205,560
VII :	K1 u	=	8,527
Jumlah :	2V + u	=	214,087
K1	w/f	=	14,24
	W/f	=	-0,25
K2	F	=	1,031
	W	=	13,82
	W	=	0,75
	1+W	=	1,75

Sumber:Hasil Perhitungan

Adapun langkah perhitungan untuk menghitung w dan (1+W) untuk

S₂ dan MS₄

Baris 1 adalah harva V dan K2 = 205.560

Baris 2 adalah harva u dan $K_2 = 16.862$

Baris 3 adalah penjumlahan V dan u atau (V+u) merupakan sudut

$$V + u = 222.422$$

Tabel 31. Daftar untuk menghitung w dan (1+W)

$S_2, MS_2, 2MS_6$		
Sudut ($^{\circ}$)	w/fK_2 ($^{\circ}$)	W/fK_2 ($^{\circ}$)
220	-14,8	-0,067
230	-13	0,029
K_1, MK_3		
Sudut ($^{\circ}$)	w/fK_1 ($^{\circ}$)	W/fK_1 ($^{\circ}$)
210	13,1	0,356
220	15,9	0,378
$S_2, MS_2, 2MS_8$		
Sudut ($^{\circ}$)	w ($^{\circ}$)	1+W
90	10,4	1,017
100	10,6	0,984

w/f diperoleh dengan cara interpolasi dengan cara interpolasi menggunakan daftar tabel untuk menghitung w dan 1+W

Cara perhitungan

(V + u) = 222.422 Nilai ini berada diantara sudut 220° dan 230° (bedanya

$$10) 222.422 - 220 = 2.422$$

Jadi cara interpolasi untuk menghitung w/f adalah:

$$w/f = w/fK_2 \text{ sudut } 220^{\circ} + \left(\frac{222.42 - 220}{10} \right) \times (fK_2 \text{ Sudut } 230^{\circ} - fK_2 \text{ Sudut } 220^{\circ})$$

$$= -14.8 + \left(\frac{222.42 - 220}{10} \right) \times (-13 - (-14.8))$$

$$= -14.364 \text{ Dibulatkan } -14.36$$

Baris 5 adalah W/f diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan tabel daftar nilai w, W dan 1+W

Cara perhitungan :

$(V + u) = 222.422$ Nilai ini berada diantara sudut 220° dan 230° (bedanya 10)

$$222.422 - 220 = 2.422$$

Jadi cara interpolasi untuk menghitung W/f adalah:

$$\begin{aligned} W/f &= W/f_{K_2 \text{ sudut } 220^\circ} + \left(\frac{222.422 - 220}{10} \right) \times (f_{K_2 \text{ Sudut } 230^\circ} - f_{K_2 \text{ Sudut } 220^\circ}) \\ &= -0.067 + \left(\frac{222.422 - 220}{10} \right) \times (0.029 - 0.241) \\ &= -0.118 \text{ Dibulatkan } -0.12 \end{aligned}$$

Baris 6 adalah f diperoleh dari hasil perhitungan f yaitu f_{K_2}

Menghitung w dan W

Diketahui $f_{K_2} = 1.055$

$$w/f = -14.36$$

$$W/f = -0.12$$

$$\begin{aligned} \text{Baris 7 adalah } w \text{ diperoleh dengan cara } w &= w/f \times f = -14.36 \times 1.055 \\ &= -15.16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Baris 8 adalah } W \text{ diperoleh dengan cara } W &= W/f \times f = -0.12 \times 1.055 \\ &= -0.12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Baris 9 adalah } 1+W \text{ diperoleh dengan cara } 1+W &= 1 + -0.12 \\ &= 0.88 \end{aligned}$$

Langkah perhitungan w dan $(1+W)$ untuk K_1 sama dengan perhitungan w dan $(1+W)$ untuk S_2 dan M_2 yang membedakan pada nilai f yang digunakan, yaitu fK_2 .

Tabel 32. Hasil perhitungan w dan $(1+W)$ untuk N_2

w dan $(1+W)$ untuk N_2			
VII :	$M_2: 3V$	=	153,840
VII :	$N_2: 2V$	=	61,240
Selisih (M_2-N_2)		=	92,600
$N_2 : w$		=	10,25
$N_2 : 1+W$		=	1,01

Sumber: Hasil Perhitungan

Baris 1 adalah harga $3V$ untuk $M_2 = 53.280$

Jadi $3V \times M_2 = 153.840$

Baris 2 adalah harga $2V$ dan $N_2 = 30.620$

Jadi $2V \times N_2 = 61.240$

Baris 3 adalah penjumlahan $3V$ dan $2V$ atau $(3V-2V)$ merupakan sudut.

Jadi $(3V-2V) = 92.600$

w diperoleh dengan cara interpolasi dengan cara interpolasi menggunakan daftar tabel untuk menghitung w dan $1+W$

Cara perhitungan :

$(3V-2V) = 92.600$ Nilai ini berada diantara sudut 90° dan 100° (bedanya

10) $92.600 - 90 = 2.600$

Beda antara $2,6 - 10 = -7.400$

Jadi cara interpolasi untuk menghitung w/f adalah:

$$w = w \text{ sudut } 90^\circ + \left(\frac{-7.400 - 90}{10} \right) \times (fK_2 \text{ Sudut } 100^\circ - fK_2 \text{ Sudut } 90^\circ)$$

$$= 10,4 + \left(\frac{-7,400-90}{10} \right) \times (10,6 - 10,4)$$

= 10,252 Dibulatkan 10,25

$$W = W \text{ sudut } 90^0 + \left(\frac{-7,400-90}{10} \right) \times (fK_2 \text{ Sudut } 100^0 - fK_2 \text{ Sudut } 90^0)$$

$$= 1,017 + \left(\frac{-7,400-90}{10} \right) \times (0,984 - 1,017)$$

= 1,008 Dibulatkan 1,01

Tabel 33. Skema VII

	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₂	O ₂	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
V: PR Cos r	38495	405.61	949.18	703.47	7607.8	61.79	194.26	77.88		
VI: PR Sin r	0	799.93	-170.62	498.19	34.26	1112.5	125.77	-49.11		
PR	38495	896.885	964.393	862.011	7607.89	1114.2	125.42	92.0711		
VII: Tabel 25 :P	360	175	214	166	173	177	273	280		
Hasil Hitung : f		0.995	0.995	1.01	1.01	1.074	0.990	0.995	1.055	1
Hasil Hitung : f+W		1	0.88	1.01	1.36	1	1	0.88		
Hasil Hitung : V		51.3	0	30.6	102.8	218.5	462.56	10	205.56	
Hasil Hitung : u		2.12	0	2.12	8.527	-8.593	-4.24	2.12	16.8619	0
Hasil Hitung : w		0	-15.16	10.25	13.82	0	0	-15.16		
VII: Tabel 25 : p		333	345	327	173	160	307	318		
Hasil Hitung : r		65.112	349.810	144.694	179.742	86.821	32.920	327.765		
g		449.512	679.649	514.686	477.866	456.728	806.720	633.719		
Kelipatan dari 360		360	360	360	360	360	720	360		
g°		89.512	319.649	154.686	117.866	96.728	86.720	273.719	1.184	8.222
A cm	106.93	5.150	5.150	5.175	24.914	5.861	0.836	0.378	319.649	117.866

Sumber: Hasil Perhitungan

a. Perhitungan Amplitudo dan fasa (g)

Tabel 34. Tabel hasil analisis konstanta harmonic pasang surut

Hasil	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₂	O ₂	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
A cm	106.93	5.15	5.15	5.17	24.91	5.86	0.86	0.38	1.184	8.222
g°		89.51	319.65	154.69	117.87	96.73	86.72	273.72	319.649	117.866

Sumber: Hasil Perhitungan

Dimana :

A : Amplitudo

g° : fasa

S₀ : Tinggi muka air rata-rata

M_2 : Pasang surut (semi diural) yang dipengaruhi oleh bulan

S_2 : Pasang surut (semi diural) yang dipengaruhi oleh gaya tarik matahari

N_2 : Pasang surut (semi diural) karena perubahan jarak akibat lintasan bulan yang elips.

K_2 : Pasang surut (semi diural) yang dipengaruhi oleh perubahan jarak revolusi bumi terhadap matahari

K_1 : Pasang surut (diural) yang dipengaruhi perubahan deklinasi bulan dan matahari

O_1 : Pasang surut (diural) yang dipengaruhi perubahan deklinasi bulan

P_1 : Pasang surut (diural) yang dipengaruhi perubahan deklinasi matahari

M_4 : Kecepatan sudutnya dua kali M_2 dan termasuk kelompok perairan dangkal

MS_4 : Hasil interaksi S_1 dan M_2 dimana kecepatan sudutnya sama dengan sudut S_1 dan M_2 dan termasuk kelompok perairan dangkal.

b. Perhitungan bilangan formzahl

$$F = \frac{A(K_1) + A(O_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

Dimana:

F = Bilangan formzahl

K_1 = Konstanta harmonik tunggal oleh deklinasi bulan dan matahari

O_1 = Konstanta harmonik tunggal oleh deklinasi bulan

M_2 = Konstanta harmonik ganda bulan

S_2 = Konstanta harmonik ganda matahari

Klasifikasi jenis pasang surut berdasarkan bilangan formzahl adalah :

0,00 – 0,25 : Pasang surut harian ganda

0,26 – 1,50 : Pasang surut campuran condong ke harian ganda

1,51 – 3,00 : Pasang surut campuran condong ke harian tunggal

> 3,00 : Pasang surut harian tunggal

$$F = \frac{A(K_1) + A(O_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

$$F = \frac{24,91 + 5,86}{5,15 + 5,15}$$

$$F = 2,988 \text{ (Nilai } F \text{ antara } 1,51 - 3,00)$$

Berdasarkan nilai formzahl, maka kriteria pasang surut adalah

Pasang surut campuran condong harian tunggal (diurnal tide)

- c. Perhitungan elevasi pasang surut harian tunggal ((Mixed tide prevalling diurnal) menggunakan persamaan datum referensi

MSL (Muka air rerata)

$$MSL = AS_0 = 106,93 \text{ cm}$$

Z_0 (Jarak surutan peta)

Berdasarkan defenisi Australia yaitu Indian Spring Low Water, maka :

$$Z_0 = S_0 - (AM_2 + AS_2 + AK_1 + AO_1)$$

Dimana:

Z_0 : Jarak surutan peta

S_0 : Muka air rata-rata

AM_2, AS_2, AK_1, AO_1 : Nilai amplitudo konstanta harmonik pasut

$$\begin{aligned} Z_0 &= 106,93 - (5,15 + 5,15 + 24,91 + 5,86) \\ &= 66 \text{ cm dari MSL terpakai} \end{aligned}$$

Chart datum (Ketinggian muka air surutan dari nol palem)/CD

$$\begin{aligned} CD &= MSL - Z_0 \\ &= 106,93 - 66 \\ &= 41 \text{ cm} \end{aligned}$$

ATT (Air tinggi tertinggi)

$$\begin{aligned} ATT &= S_0 + (AM_2 + AS_2 + AK_1 + AO_1) \\ &= 106,93 + (5,15 + 5,15 + 24,91 + 5,86) \\ &= 148 \text{ cm dari MSL terpakai} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan tunggang air pasang surut untuk tipe pasang surut campuran condong harian tunggal (Mixed tide prevailing diurnal)

LAT (Rendah pasang surut)

$$\begin{aligned} LAT &= MSL - AK_1 - AO_1 - AS_2 - AM_2 \\ &= 106,93 - 24,91 - 5,86 - 5,15 - 5,15 \\ &= 66 \text{ cm} \end{aligned}$$

HAT (Tinggi pasang surut)

$$HAT = LAT + 2 (AK_1 + AO_1 + AS_2 + AM_2)$$

$$= 66 + 2(24,91 + 5,86 + 5,15 + 5,15)$$

$$= 148 \text{ cm}$$

MHHWS (Mean high highest water spring)

$$\text{MHHWS} = \text{LAT} + 2(\text{AK1}) + \text{AO1} + \text{AS2} + \text{AM2}$$

$$= 45 + 2(24,91) + 5,86 + 5,15 + 5,15$$

$$= 138 \text{ cm}$$

MHHWN (Mean high highest water neap)

$$\text{MHHWN} = \text{LAT} + 2(\text{AK1}) + \text{AS2} + \text{AM2}$$

$$= 66 + 2(24,91) + 5,15 + 5,15$$

$$= 126 \text{ cm}$$

$$\text{MSL} = 106,93 \text{ cm}$$

MLLWN (Mean low lower water neap)

$$\text{MLLWN} = \text{LAT} + 2(\text{AO1}) + \text{AS2} + \text{AM2}$$

$$= 66 + 2(5,86) + 5,15 + 5,15$$

$$= 88 \text{ cm}$$

MLLWS (Mean low lower water spring)

$$\text{MLLWS} = \text{LAT} + \text{AS2} + \text{AM2}$$

$$= 66 + 5,15 + 5,15$$

$$= 76 \text{ cm}$$

$$\text{HAT-MSL} = 148 - 107$$

$$= 41,1 \text{ cm}$$

$$\text{MHHWS-MSL} = 137-107$$

$$= 30,8 \text{ cm}$$

$$\text{MHHWN-MSL} = 126-107$$

$$= 19,1 \text{ cm}$$

$$\text{MLLWN-MSL} = 87-107$$

$$= -19,1 \text{ cm}$$

$$\text{MLLWS-MSL} = 76-107$$

$$= -30,8 \text{ cm}$$

$$\text{LAT-MSL} = 66-107$$

$$= -41,1 \text{ cm}$$

Dimana:

LAT : Lowest astronomical tide (Pasang surut terendah)

HAT : Highest astronomical tide (Pasang surut tertinggi)

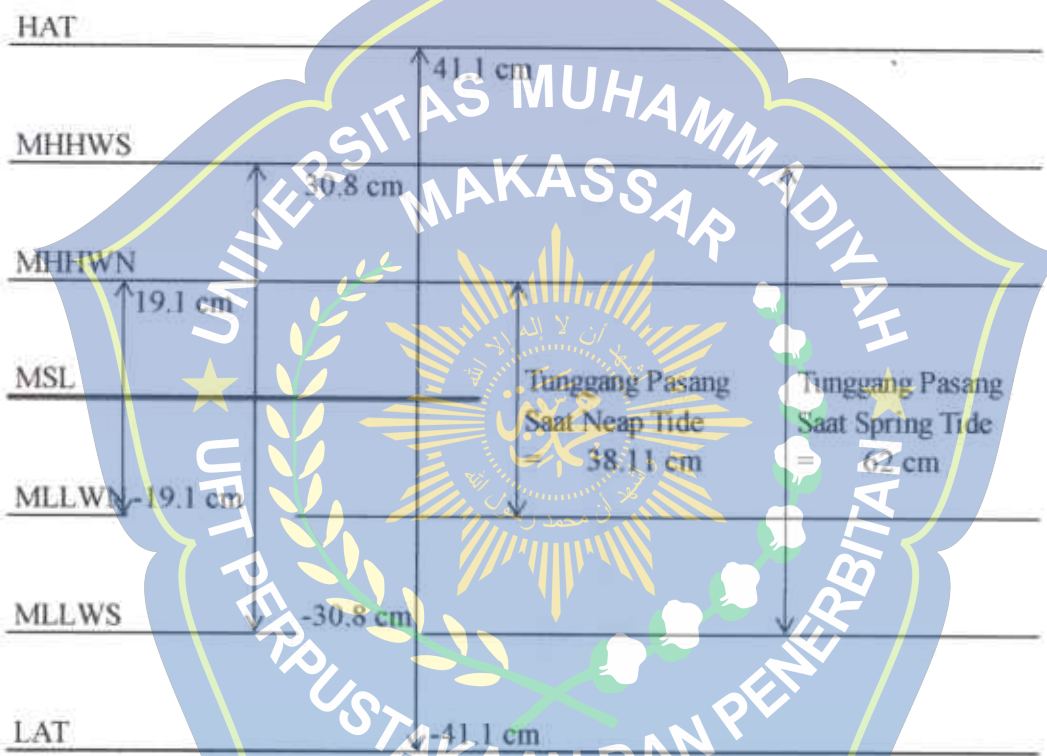
MSL : Mean sea level (Muka air rata-rata)

MHHWS : Mean high highest water spring (Tinggi rata-rata dari dua air tinggi berturut-turut selama periode pasang purnama), yaitu jika tunggang (range) adalah pasang tertinggi.

MHHWN : Mean high highest water neap (Tinggi rata-rata dari dua air tinggi berturut-turut selama periode pasang perbani (neap tides), yaitu jika tunggang (range) pasang paling kecil

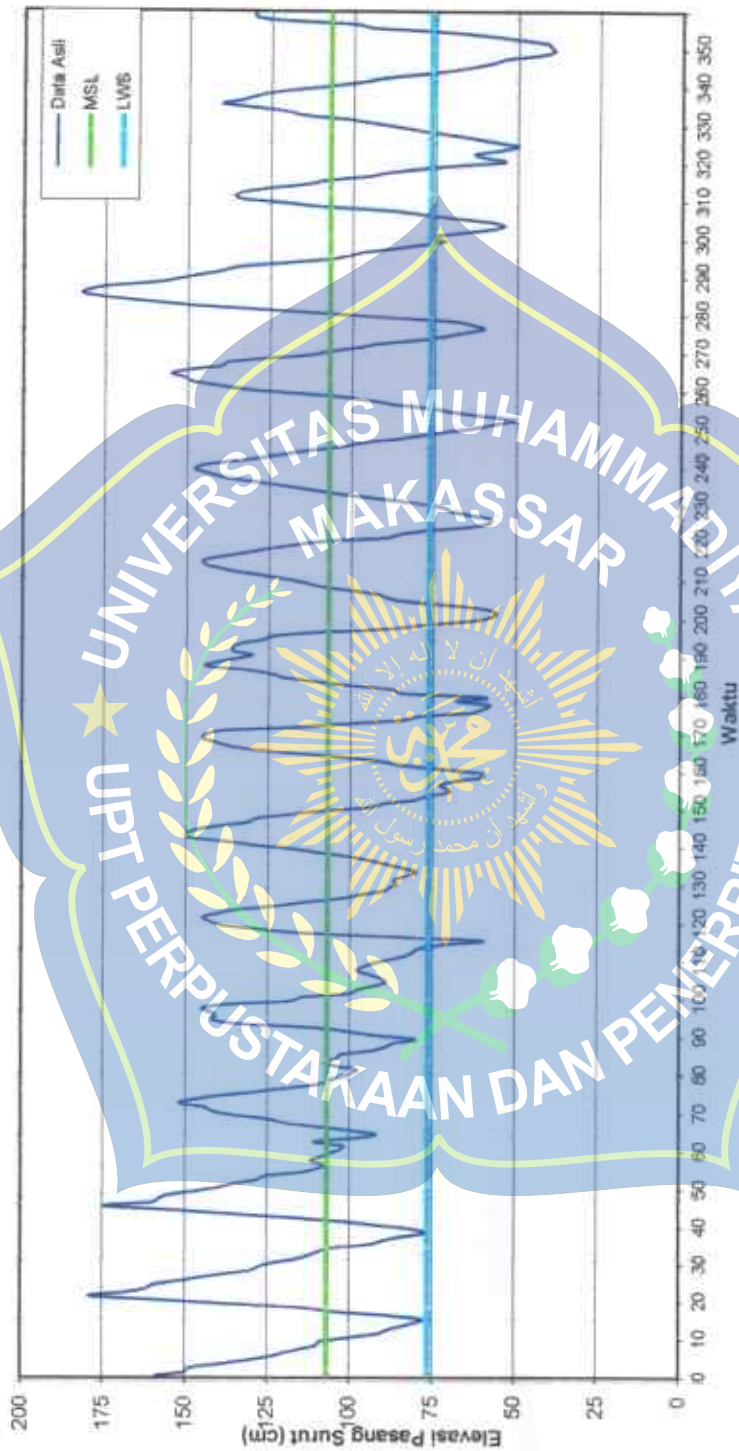
MLLWS : Mean low lower water spring (Tinggi rata-rata yang diperoleh dua air rendah berturut-turut selama periode pasang purnama)

MLLWN : Mean low lower water neap (Tinggi rata-rata yang diperoleh dua air rendah berturut-turut selama periode pasut perbani)



Gambar 30. Tumpang pasang surut di lokasi penelitian

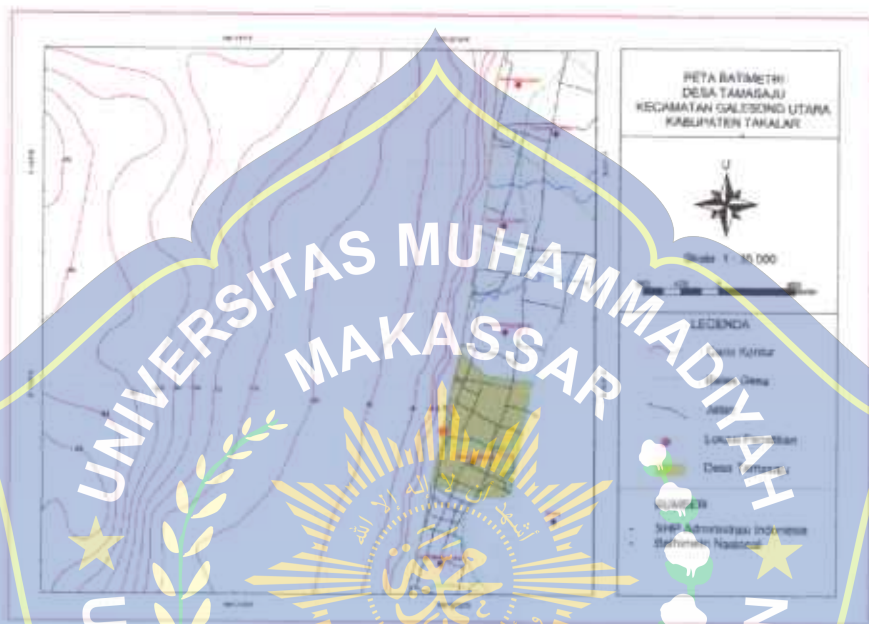
Grafik Pasang Surut Pantai Tamasjui
Kabupaten Galesong Utara



Gambar 31. Grafik elevasi muka air di lokasi penelitian

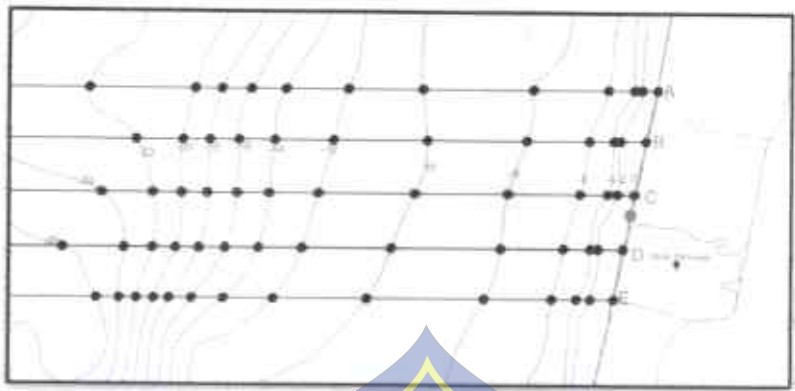
F. Batimetri

Data batimetri pesisir pantai tamasaju di peroleh dari data Batimetri Nasional yang di olah kembali ke dalam GIS untuk mendapatkan garis kontur dasar laut seperti gambar dibawah :



Gambar 32. Peta batimetri (sumber : Bathimetri Nasional dan SHP Administrasi Indonesia)

Untuk mengetahui kemiringan pantai di wilayah pantai Tamasaju maka dibuatkan lima stasiun A, B, C, D dan E yang terdiri dari beberapa patok seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 33. Garis penampang melintang



Gambar 34. Profil melintang batimetri daerah pantai Tamasaju

Untuk perhitungan kemiringan dan persentase dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 35. Hasil analisis kemiringan

Stasiun	Patok	Kedalaman (m)	Jarak (m)	Kemiringan	Persentase (%)
A	P0	0	0	0	0
	P1	2	210	0,010	1,0
	P2	4	105	0,019	1,9
	P3	6	280	0,007	0,7
	P4	8	805	0,002	0,2
	P5	10	1225	0,002	0,2
	P6	12	805	0,002	0,2
	P7	14	565	0,003	0,3
	P8	16	385	0,005	0,5
	P9	18	315	0,006	0,6
	P10	20	280	0,007	0,7
	P11	22	1155	0,002	0,2
B	P0	0	0	0	0
	P1	2	280	0,007	0,7
	P2	4	70	0,029	2,9
	P3	6	280	0,007	0,7
	P4	8	700	0,003	0,3
	P5	10	1085	0,002	0,2
	P6	12	1015	0,002	0,2
	P7	14	700	0,003	0,3
	P8	16	350	0,006	0,6
	P9	18	315	0,006	0,6
	P10	20	280	0,007	0,7
	P11	22	525	0,004	0,4
C	P0	0	0	0	0
	P1	2	175	0,011	1,1
	P2	4	105	0,019	1,9
	P3	6	245	0,008	0,8
	P4	8	700	0,003	0,3
	P5	10	1085	0,002	0,2
	P6	12	1050	0,002	0,2
	P7	14	630	0,003	0,3
	P8	16	420	0,005	0,5
	P9	18	280	0,007	0,7
	P10	20	315	0,006	0,6

D	P11	22	455	0,004	0,4
	P12	24	490	0,004	0,4
	P0	0	0	0	0
	P1	2	280	0,007	0,7
	P2	4	105	0,019	1,9
	P3	6	280	0,007	0,7
	P4	8	700	0,003	0,3
	P5	10	1190	0,002	0,2
	P6	12	980	0,002	0,2
	P7	14	490	0,004	0,4
	P8	16	350	0,006	0,6
	P9	18	280	0,007	0,7
	P10	20	245	0,008	0,8
	P11	22	245	0,008	0,8
E	P12	24	315	0,006	0,6
	P13	26	630	0,003	0,3
	P0	0	0	0	0
	P1	2	750	0,003	0,3
	P2	4	140	0,014	1,4
	P3	6	280	0,007	0,7
	P4	8	735	0,003	0,3
	P5	10	1295	0,002	0,2
	P6	12	1015	0,002	0,2
	P7	14	560	0,004	0,4
	P8	16	350	0,006	0,6
	P9	18	245	0,008	0,8
	P10	20	175	0,011	1,1
	P11	22	175	0,011	1,1
	P12	24	175	0,011	1,1
	P13	26	245	0,008	0,8
Rata-Rata				0,006	0,6

Sumber : Perhitungan

Dari hasil hitungan diatas maka didapatkan kemiringan pantai m : 0,006
dan persentase kemiringan 0,6% termaksud kategori datar < 8%

Tabel 36. Kategori kemiringan lereng

Kelas	Kemiringan	Keterangan
I	<8%	Datar
II	8 - 15%	Landai
III	16 - 25%	Agak Curam
IV	26 - 40%	Curam
V	>40%	Sngat Curam

Sumber :Academia.edu

G. Gelombang Pecah

Untuk mendapatkan periode gelombang yang maksimum berdasarkan pengaruh dari perubahan kedalaman, maka dari itu dibuatkan hubungan antara grafik hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (5 tahun dimasukkan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting.

Berdasarkan grafik di hubungan H dan T didapatkan persamaan :

$$y = -0,4449x^2 + 3,6232x + 2,0342$$

Untuk Arah Utara :

$$H_0 = 1,35 \text{ m}$$

$$T = -0,4449.H_0^2 + 3,6232.H_0 + 2,0342$$

$$= -0,4449 \times 1,35^2 + 3,6232 \times 1,35 + 2,0342$$

$$= 6,10 \text{ detik}$$

1. Menghitung panjang gelombang laut dalam

$$L_0 = 1,56 T^2$$

$$= 1,56 \times (6,10)^2$$

$$= 58,06 \text{ m}$$

Dimana

L_0 = Panjang periode laut dalam

T = Periode gelombang laut dalam

2. Hitung nilai α

Tentukan nilai $d = -25$ m untuk mengetahui perubahan gelombang akibat pendangkalan.

$$\frac{d}{L_0} = \frac{25}{58,06}$$

$$= 0,431$$

Cari nilai d/L dan n untuk nilai $d/L_0 = 0,431$ (Tabel L-1 Bambang Triadmojo "Teknik Pantai")

Untuk :

$$d/L_0 = 0,431$$

$$d/L = 0,43467$$

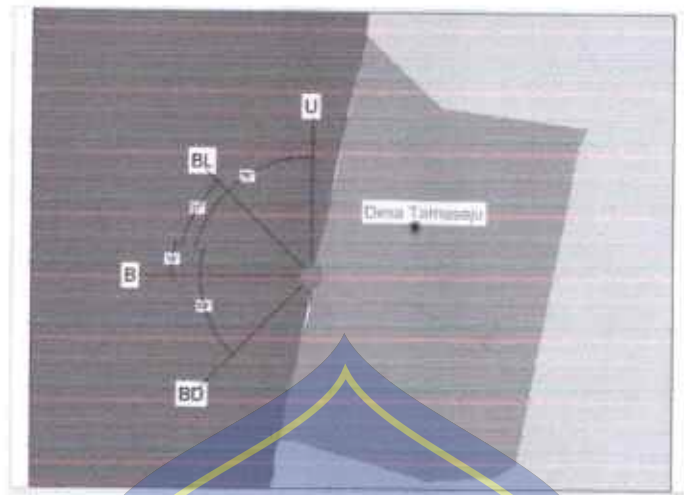
$$n = 0,5232$$

$$\text{Maka } L = \frac{d}{d/L} = \frac{25}{0,43467}$$

$$= 57,51$$

3. Cepat rambat gelombang

Dalam hitungan cepat rambat dan koefisien refraksi maka diketahui sudut datangnya gelombang $(\alpha_0) = 76^\circ$ seperti yang terlihat pada gambar dibawah :



Gambar 35. Penentuan sudut datangnya gelombang di lokasi penelitian

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{58,06}{6,10}$$

$$= 9,52 \text{ m/det}$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{57,52}{6,10}$$

$$= 9,42 \text{ m/det}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_0} \times \sin \alpha_0 = \frac{9,42}{9,52} \times \sin 76^\circ$$

$$= 0,961$$

$$\alpha = 74^\circ$$

4. Perhitungan koefisien refraksi

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos C_0}{\cos C}} = \sqrt{\frac{\cos 76^\circ}{\cos 74^\circ}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,2419}{0,2745}}$$

$$K_r = 0,9368$$

5. Perhitungan koefisien shoaling

Dimana : n_0 (dilaut dalam) = 0,5

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} = \sqrt{\frac{0,5 \times 58,06}{0,5232 \times 57,52}}$$

$$= \sqrt{\frac{29,0277}{30,09179}}$$

$$K_s = 0,98216$$

Setelah perhitungan koefisien refraksi dan shoaling maka akan didapatkan nilai tinggi gelombang yang baru (H_0')

$$\begin{aligned} H_0' &= H_0 + K_r + K_s \\ &= 1,34 + 0,9368 + 0,9822 \\ &= 1,24 \text{ m} \end{aligned}$$

6. Kemiringan pantai di dapat dari perhitungan batimetri

$$m = 0,006$$

7. Perhitungan tinggi gelombang pecah

$$\frac{H_b}{H_0'} = \frac{1}{3,3 \times \left[\frac{H_0'}{L_0} \right]^{1/3}} = \frac{1}{3,3 \times \left[\frac{2,04}{148,97} \right]^{1/3}}$$

$$\frac{H_b}{1,24} = 1,09 \text{ m}$$

$Hb = 1.24 \times 1.09 = 1.35 \text{ m}$

8. Perhitungan kedalaman gelombang pecah

$a = 43.75 (1 - e^{-19m}) = 43.75 (1 - e^{-19 \times 0.006})$
 $= 4.71$

$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19m})} = \frac{1.56}{(1 + e^{-19 \times 0.006})}$
 $= 0.82$

$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - (a \cdot Hb / gT^2)} = \frac{1}{0.82 - (4.71 \times 1.35 / 9.81 \times 6.10^2)}$
 $= \frac{1}{0.82 - 0.0174}$

$\frac{db}{1.35} = 1.25$

$db = 1.25 \times 1.35$
 $= 1.68 \text{ m}$

Tabel 37. Tinggi dan kedalaman gelombang pecah

No	Arah	Hb	Db
1	Utara	1.09	1.68
2	Barat Laut	2.37	2.95
3	Barat	1.14	1.41
4	Barat Daya	2.04	2.54

Sumber : perhitungan

H. Penentuan Tipe Bangunan Pelindung Pantai

Apabila perlindungan pantai yang ada dilokasi seperti bukit pasir, pohon mangrove, terumbu karang dan lainnya sudah tidak ada atau tidak

aktif lagi karena mengalami kerusakan, maka harus adanya perlindungan buatan.

Tabel 38. Tipe dan Fungsi Struktur Pengaman Pantai

Tipe Struktur	Tujuan	Fungsi Prinsip
Bendung Laut (Sea Wall)	Mencegah Gelombang Atau melindungi daerah daratan rendah oleh banjir gelombang	Memisahkan garis pantai dari hinterland melalui bangunan impermeable yang tinggi
Tembok Laut (Sea Wall)	Melindungi daratan dan infrastruktur dari banjir gelombang dan overtopping	Penguatan beberapa bagian profil pantai
Revetment	Melindungi garis pantai melawan erosi	Penguatan beberapa bagian profil pantai
Bulkhead	Menahan tanah dan mencegah longsor tanah belakang struktur	Penguatan tumpukan tanah
Groin	Mencegah erosi pantai	Mengurangi tranport sedimen sejajar pantai (Longshore transport)
Offshore Breakwater	Mencegah erosi pantai	Mengurangi tinggi gelombang dan mengurangi sedimen tegak lurus pantai
Reef Breakwater	Mencegah erosi pantai	Mengurangi tinggi gelombang di pantai
Submerged Sill	Mencegah erosi pantai	Menahan pergerakan sedimen pantai
Beach Nourishment dan Konstruksi Bukit Pasir	Mencegah erosi pantai dan melindungi daratan dari banjir gelombang	Pengisian artificial material pantai yang tererosi oleh gelombang dan arus sebagai pengganti suplai alam
Breakwater	Memecah gelombang, dengan menyerap sebagian energi	Penyerapan energi gelombang dan/atau refleksi dari energi gelombang kembali kedalam laut

Jetty	Menstabilkan saluran atau alur navigasi pada mulut sungai dan teluk pasang surut	Pembatas aliran-aliran dan arus pasang surut. Pelindung terhadap badai gelombang dan arus putar
-------	--	---

Berdasarkan kondisi fisik di daerah pantai tamasaju dimana daerah tersebut yang langsung berhadapan dengan laut bebas yang tidak adanya pulau-pulau di sekitarnya serta pelindung alami pantai seperti pohon mangrove dan bukit pasir yang tidak ada sehingga gelombang laut yang datang menuju daratan tidak ada yang meredamnya pada saat terjadi gelombang tinggi, sehingga menjadi salah satu faktor yang mengakibatkan abrasi di pantai dan wilayah pemukiman yang terdapat disekitaran pantai tamasaju terletak di sempadan pantai yang jarak dari garis pantai dengan pemukiman sehingga mengakibatkan rusaknya rumah-rumah warga hingga fasilitas umum lainnya yang diakibatkan oleh pasang surut air laut yang diikuti oleh gelombang tinggi yang menghantam daratan. Maka sesuai dengan permasalahan lokasi penelitian yaitu gelombang tinggi dan rusaknya daratan yang diakibatkan oleh gelombang maka untuk mengatasi hal tersebut maka di butuhkanlah tipe bangunan yang dapat meredam gelombang yang datang dan untuk melindungi daratan maka dapat direncanakan tipe bangunan pelindung pantai yang akan digunakan adalah tembok laut (Sea Wall), yaitu sesuai dengan fungsi untuk melindungi daratan dan banjir gelombang.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Gelombang tertinggi yang terjadi di daerah pantai Tamasaju pada bulan januari tahun 2019 dari arah barat ketinggian gelombang (H) : 2,88 m, periode gelombang (T) : 8,94 detik, dengan kecepatan angin : 7,7 m/s untuk peramalan 5 tahun. Untuk tinggi gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah di lokasi penelitian diperoleh dari arah utara (Hb : 1,09, Db : 1,68), barat laut (Hb : 2,37, Db : 2,95), barat (Hb : 1,14, Db : 1,41), dan barat daya (Hb : 2,04, Db : 2,54).
2. Tipe bangunan pelindung yang digunakan di lokasi penelitian yaitu Sea Wall (tembok laut)

B. Saran

1. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk lanjut ketahap analisis perhitungan perencanaan
2. Pengambilan data angin minimal 10 – 15 tahun , untuk lebih efektifnya perhitungam gelombang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamratri Arum dan Sarwono Bambang, 2017. Perencanaan Pengamanan Pantai di Desa Tanjung Aru, kecamatan Sebatik Timur, Nunukan, Kalimantan Selatan, Dalam Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No. 2 , Hal. 300-305, ISSN : 2337-3539.
- Andi Makbul Syamsuri, Dadang Suriamihardja, Arsyad Thaha, Taufiqur Rachman. 2019. *Pengaruh Periode Dan Kedalaman Air Terhadap Kecuraman Gelombang Pada Flume Dan Kedalaman Air Terhadap Gelombang*. Prosiding Seminar Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anugrah Dewi Mahatmawati, Mahfud Efendy, dan Aries Dwi Siswanto. 2009. Perbaningan Fluktasi Muka Air Laut Rerata (MLR) di Perairan Pantai Utara Jawa Timur Dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur. Dalam Jurnal Kelautan. Volume 2, No.1. Hal 31-39. ISSN : 1907-0931.
- Azis, MF. 2006. Gerak Air Laut. *Oseana*, 31(4): 9-21.
- Binilang Alex, 2014. Analisis Karakteristik Gelombang di Pantai Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara. Dalam Jurnal Tekno Sipil, Vol. 12, No. 60, Hal. 46-56.
- Bramantyo Ramadhan, Reno. 2018. Laporan Praktikum Pasang Surut (OS315) Modul Metode Admiralty 29 Tanpa Tabel. Program Studi Oseanografi. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Institut Teknologi Bandung.
- CERC, 1984. Shore Protection Manual Volume 1, fourth edition, U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- Darajat, R., (2000). "Studi Perubahan Garis Pantai dan Perencanaan Perlindungannya di Pantai Kerawang Jawa Barat", Tugas Akhir SI, Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Hidayanti, N. 2017. *Dinamika Pantai*. UB Press: Malang.
- Holthuijen, L. H 2007. *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. New York, Cambride University Press.
- Horikawa, 1988, Costal Engineering, An introduction to Ocean Engineering, University of Tokyo Press.
- <https://nadyameichristinakil17.wordpress.com/2018/11/23/bangunan-pantai/> (07 Januari 2021)
- <https://ekonomi.bisnis.com/read/20200710/45/1264306/pupr-sudah-bangun-483-kilometer-tanggul-laut-di-jakarta> (07 Januari 2021)

- I. U. Khasnah, S. Wirdinata dan Q. Guvil. Analisis Harmonik Pasang Surut untuk Menghitung Nilai Muka Surutab Peta (Chart Datum) Stasiun Pasut Sibolga. DOI 10.21063/SPI3.1017.243-249. Hal 246
- Jufri Karto, M. Ihsan Jasin, Jeffry D. Mamoto, 2015. Analisis Pasang Surut Di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim Dengan Metode Admiralty. Dalam Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.6 Juni 2015 (391-402) Hal. 394-395. ISSN: 2337-6732.
- Mulyabakti Chandrika dan Jasin Ihsan, 2016. Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. Dalam Jurnal Teknik Sipil Statik Vol. 4, No. 9, Hal 585-594, ISSN : 2337-6732.
- Nadia Friska Marelsa dan Yosyea Oktaviandra. 2019. Analisis Karakteristik Gelombang Laut Menggunakan Software Windwave-12 (Studi Kasus : Kepulauan Mentawai). Dalam Jurnal Oceana. Vol. 44. No. 2. Hal. 10-24. p- ISSN : 0216-1877 e-ISSN : 2714-7185.
- Nontji, Anugerah. 1987. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Nuardi Dwi Pradipta, Yudo Prasetyo, Arwan Putra Wijaya. Analisis Pasang Surut Air Laut Menggunakan Data IOC (Intergovernmental Oseanografic Comission) Untuk Mentukan Chart Datum Di Perairan Cilacap. Volume 4, Nomor 2, Tahun 2015, (ISSN : 2337-845X). Hal 103
- Pratikto, W.A. dkk. 2000. Struktur Pelindung Pantai, hibah Pengajaran – Like. Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Riswal Karamma1, Muhammad.Saleh Pallu, Muhammad Arsyad Thaha, Mukhsan Putra Hatta. Penjalaran Pasang Surut Dan Difraksi Gelombang Pada Muara Sungai Jeneberang. Volume 10 Nomor 1- Maret 2020. Hal 6-7.
- Simanjuntak, Handoyo dan Nugroho, D. "Aanlisis Bathimetri Dan Komponen Pasang Surut Untuk Penentuan Kedalaman Tambahan KOLam Dermaga Di Perairan Tanjung Gundul Benkayang Kalimantan Barat" Dalam Journal Of Oceanography. Volume 1, Nomor 1, Tahun 2012. Hal 5.
- Soeprapto.1999. Pasut Laut dan Chart Datum. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.196 hlm.
- Soeprapto. 2001. Survei Hidrografi. Gadjah Mada University Oress, Yoyakarta.
- Lokal Di Pulau Bunaken. Dalam Jurnal Ilmiah Media Engineering. Vol. 6. No. 2. Hal. 519-528. ISSN : 2087-9334.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2011. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta offset. Jogjakarta.





TAHUN	BULAN	Angin			
		Kecepatan rata-rata (m/s)	Arah Terbanyak	Kecepatan Maksimum (m/s)	Arah saat kecepatan maksimum
2016	Januari	1,3	135	9,3	180
	Februari	1,2	315	7,7	285
	Maret	1,1	135	4,1	150
	April	1,0	135	3,1	330
	Mei	1,0	135	3,6	283
	Juni	1,0	135	3,6	320
	Juli	1,0	135	4,1	60
	Agustus	1,1	135	4,6	10
	September	1,1	135	5,1	320
	Oktober	1,1	135	5,1	260
	November	1,2	135	4,6	290
	Desember	1,9	315	6,2	300
	Jumlah	14,1		6	
	Rata-rata	1,2	165,0	5,1	232,4

TAHUN	BULAN	Angin			
		Kecepatan rata-rata (m/s)	Arah Terbanyak	Kecepatan Maksimum (m/s)	Arah saat kecepatan maksimum
2017	Januari	1,4	90	5,7	243
	Februari	1,6	315	5,7	280
	Maret	1,1	90	4,1	295
	April	0,9	315	3,6	320
	Mei	0,9	135	3,6	3
	Juni	0,9	135	2,6	228
	Juli	0,9	135	6,7	300
	Agustus	1,0	135	3,1	220
	September	1,0	270	3,6	50
	Oktober	1,0	135	6,7	105
	November	1,1	135	4,1	175
	Desember	1,1	315	4,6	300
	Jumlah	12,9		54	
	Rata-rata	1,1	183,8	4,5	209,9
TAHUN	BULAN	Angin			

		Kecepatan rata-rata (m/s)	Arah Terbanyak	Kecepatan Maksimum (m/s)	Arah saat kecepatan maksimum
2018	Januari	1,2	315	5,1	280
	Februari	0,9	90	6,2	300
	Maret	1,0	90	4,6	280
	April	1,0	315	3,1	320
	Mei	0,9	90	4,6	90
	Juni	0,8	90	2,1	208
	Juli	0,9	135	2,6	80
	Agustus	1,0	135	2,6	202
	September	1,0	270	3,1	145
	Oktober	1,0	135	3,1	150
	November	1,0	90	5,7	30
	Desember	1,2	90	5,7	300
	Jumlah	12,1		48	
	Rata-rata	1,0	153,8	4,0	198,7

TAHUN	BULAN	Kecepatan rata-rata (m/s)	Arah Terbanyak	Kecepatan Maksimum (m/s)	Arah saat kecepatan maksimum
2019	Januari	1,3	315	6,2	270
	Februari	1,1	90	4,6	300
	Maret	1,0	315	6,7	280
	April	0,7	315	3,6	320
	Mei	1,0	135	3,1	40
	Juni	0,9	90	2,6	212
	Juli	1,0	90	3,1	193
	Agustus	1,0	90	4,6	5
	September	1,0	270	2,6	224
	Oktober	1,1	225	6,2	220
	November	1,0	90	3,6	235
	Desember	1,0	90	4,6	290
	Jumlah	12,1		51	
	Rata-rata	1,0	176,3	4,3	216,6

TAHUN	BULAN	Angin			
		Kecepatan rata-rata (m/s)	Arah Terbanyak	Kecepatan Maksimum (m/s)	Arah saat kecepatan maksimum
2020	Januari	1,1	90	4,6	295
	Februari	1,0	90	5,7	130
	Maret	1,0	90	5,1	290
	April	1,0	90	8,7	160
	Mei	0,9	135	3,6	300
	Juni	0,9	270	4,1	50
	Juli	1,0	135	2,6	260
	Agustus	1,1	270	4,1	50
	September	1,1	270	5,1	120
	Oktober	1,1	90	4,1	300
	November	1,0	90	3,1	280
	Desember	1,1	90	5,1	280
	Jumlah	12,2		56	
	Rata-rata	1,0	142,5	4,7	209,6

Tahun	Angin			
	Kecepatan rata-rata (m/s)	Arah Terbanyak	Kecepatan Maksimum (m/s)	Arah saat kecepatan maksimum
2016	1,18	165,00	5,10	232,36
2017	1,08	183,75	4,50	209,90
2018	1,01	153,75	4,03	198,73
2019	1,01	176,25	4,28	216,63
2020	1,02	142,50	4,67	209,58





Proses pembuatan rambu ukur untuk pengamatan pasang surut



Proses pemasangan rambu ukur pasang surut



Proses pengamatan tinggi muka air laut akibat pasang surut pada jam 07.00 WITA



Proses pengamatan tinggi muka air laut akibat pasang surut jam 18.30 WITA



Proses pencatatan tinggi muka air laut akibat pasang surut pada jam 22.00 WITA





PETA BATIMETRI
DESA TAMASAJU
KECAMATAN GALESONG UTARA
KABUPATEN TAKALAR



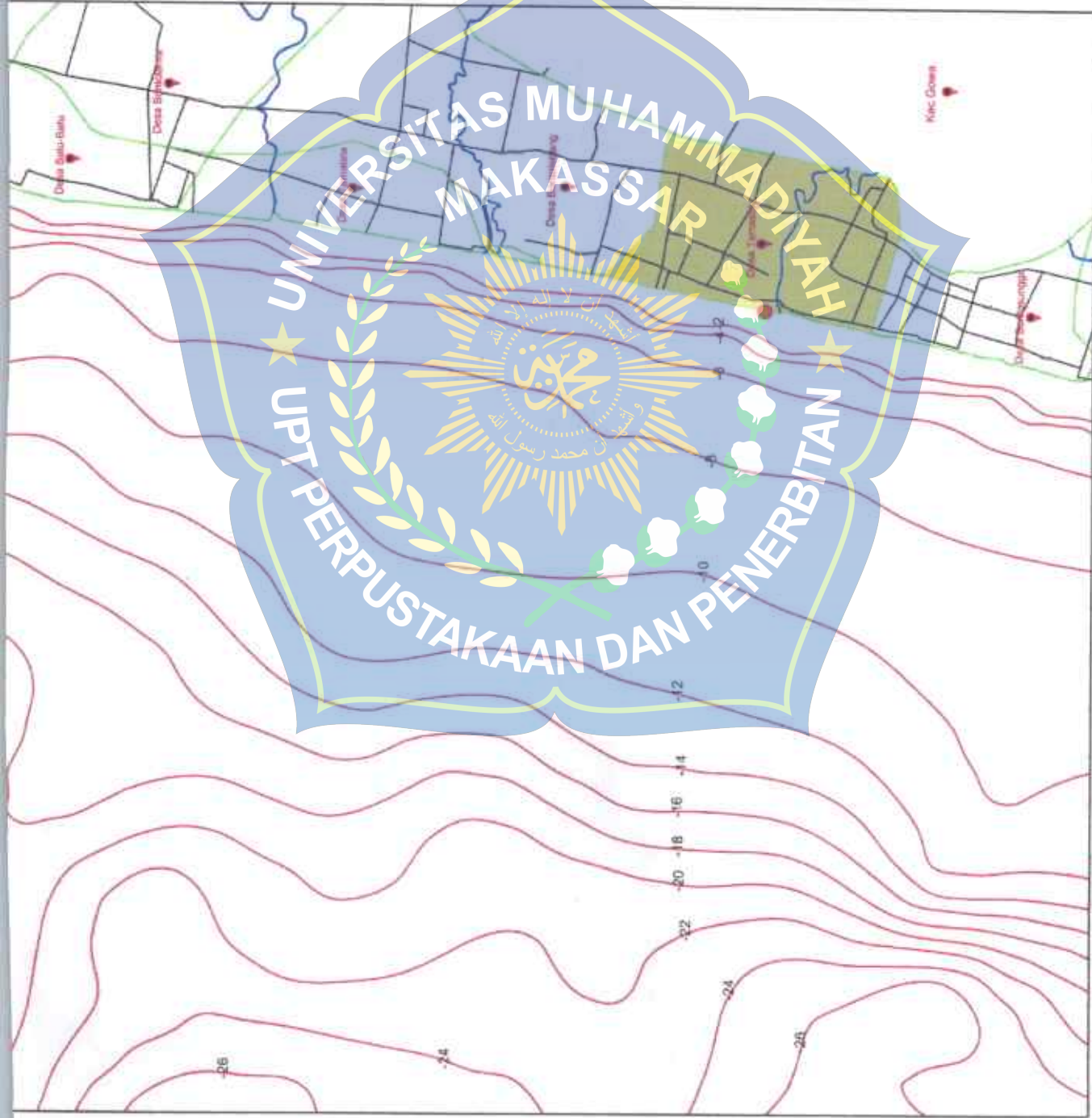
Skala 1 : 35.000

LEGENDA

- Garis Kontur
- Batas Desa
- Jalan
- Lokasi Penelitian
- Desa Tamasaju

SUMBER

SHP Administrasi Indonesia
Bathimetri Nasional





PROFIL
MELINTANG BATIMETRI
PESISIR DESA TAMASAJU

